

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vodní elektrárny
Hydroelectric Power Stations

2012

Radek Boháč

Zadání bakalářské práce

Student:

Radek Boháč

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907R001 Elektroenergetika

Téma:

Vodní elektrárny
Hydroelectric Power Stations

Zásady pro vypracování:

V bakalářské práci zpracujte následující problematiku:

- o Druhy vodních elektráren.
- o Stávající využití v české republice a ve světě.
- o Současná legislativa
- o Možnosti, trendy a předpoklady pro rozšíření vodních elektráren.
- o Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- o Kolektiv autorů: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice, ČEZ, a. s., Praha 2003
- o Janíček, F. a kol.: Obnovitelné zdroje energie 1, STU Bratislava 2007
- o Kolcun, M. a kol.: Elektrárny, TU Košice, 2006
- o Otčenášek, P.: Elektrická energie pro Českou republiku, ČEZ a.s., 2006
- o <http://calla.ecn.cz/atlas/>
- o <http://www.repp.org/>
- o <http://www.svn.cz/>
- o <http://www.eru.cz/>
- o Další podle pokynů vedoucího práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 4.5.2012

.....*Bohař*.....

podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D., který mi pomáhal a radil při tvorbě této závěrečné práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vodní elektrárny a výrobu elektrické energie. V první části práce je nastíněna výroba elektrické energie, popis hlavních objektů vodního díla s celkovým rozdělením vodních elektráren. V další části je důkladnější rozbor, popis a schéma základních vodních elektráren včetně nejpoužívanějších vodních turbín.

Další kapitola se zabývá využitím elektráren v České republice a ve světě. Pro Českou republiku jsou uvedeny hlavní elektrárny provozované skupinou ČEZ s celkovou roční výrobou elektřiny. Dále je uvedena světová roční výroba elektrické energie a největší elektrárny světa.

Druhá polovina práce nastiňuje současnou platnou legislativu a související zákony. V poslední části jsou uvedeny moderní trendy a rozmach mořských elektráren.

Klíčová slova

Vodní elektrárna, vodní energie, elektrická energie, turbíny, obnovitelné zdroje elektrické energie, zákon, energie moře

Abstract

This bachelor thesis is focused on the hydro power plants and generate electricity. In the first part is outline the production of electricity, description of the main objects of the water works and the total distribution of aquatic plants. In the next part is more thorough analysis, description and diagram of the basic hydro power stations, including the most widely used water turbines.

Next chapter is focused on the using of power plants in the Czech Republic and the world. For the Czech Republic are main power plant operated by a group CEZ and the total annual production of electricity. Listed are also the world's annual production of electric energy and the greatest power the world.

The second part of the thesis is focused on the current applicable legislation and related laws. The last section describes the latest trends and development of marine power plants.

Key words

Hydroelectric power, hydropower, electricity, turbines, renewable energy, law, ocean energy

Seznam použitých symbolů a zkratek

Zkratka	Popis	Jednotka
Aj	a jiné	-
ČR	Česká republika	-
DDZ	Denní diagram zatížení	-
E_h	Energie polohová	(J)
E_n	Energetický ekvivalent	(Wh)
E_p	Energie tlaková	(J)
ERU	Energetický regulační úřad	-
ES	Elektrická soustava	-
EU	Evropská unie	-
E_x	Energie kinetická	(J)
g	Gravitační zrychlení	(m.s ⁻²)
H	Spád (výškový rozdíl)	(m)
H_b	Hrubý (celkový) spád	(m)
HDO	Hromadné dálkové ovládání	-
m	Hmotnost vody	(kg)
NT	Nízký tarif	-
OZE	Obnovitelné zdroje energie	-
p	Tlak	(Pa)
P	Výkon vodní elektrárny	(W)
PPDS	Pravidla provozování distribučních sítí	-
PVE	Přečerpávající vodní elektrárna	-
Q	Průtok	(m ³ .s)
ρ	Měrná hmotnost vody	(kg.m ⁻³)
USA	Spojené státy americké	-
v	Rychlost vody	(m.s ⁻¹)
VE	Vodní elektrárna	-
V_r	Retenční obsah	(m ³)
V_{st}	Stále nadržení	(m ³)
VT	Vysoký tarif	-
V_u	Užitný objem (obsah)	(m ³)
η	Účinnost	(%)
η_G	Účinnost generátoru	(%)
η_T	Účinnost turbíny	(%)
Δu	Úbytek napětí	-

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Výroba elektrické energie	2
2.1 Jak funguje vodní elektrárna	2
2.2 Hlavní objekty vodního díla.....	3
3. Vodní elektrárny.....	5
3.1 Základní pojmy	5
3.2 Dělení	6
3.3 Akumulační vodní elektrárny.....	8
3.4 Průtočné vodní elektrárny	9
3.5 Přečerpávací vodní elektrárny.....	10
3.6 Přílivové elektrárny	12
3.7 Vlnové elektrárny.....	12
3.8 Elektrárny poháněné mořskými proudy	13
4. Vodní turbíny	14
4.1 Základy a historie	14
4.2 Peltonova turbína.....	15
4.3 Francisova turbína.....	16
4.4 Kaplanova turbína	17
5. Stávající využití vodních elektráren v České republice a ve světě.....	18
5.1 Česká republika.....	18
5.2 Evropská unie.....	20
5.3 Svět – největší elektrárny světa.....	21
6. Současná legislativa	23
6.1 Vymezení pojmů	23
6.2 Zákony - legislativa.....	25
7. Možnosti, trendy a předpoklady pro rozšíření vodních elektráren.....	27
7.1 Trendy	27
7.2 Turbíny pro extrémně nízké spády a průtoky.....	27
7.3 Energie moře	28
8. Závěr:	30
9. Seznam použité literatury:.....	32
10. Přílohy:	36

1. Úvod

Od doby využívání elektrické energie, především v posledních dvou stoletích, je termín energie nedílnou součástí každodenního života mnoha obyvatel této planety. Díky energii se lidstvo začalo mnohem rychleji rozvíjet. Pro lidskou společnost to ovšem znamená závislost na dodávkách elektrické energie. Začala se především využívat energie planety, jenž se zde hromadila mnoho tisíc let. Jedná se tedy o neobnovitelné zdroje, jako jsou fosilní a jaderná paliva. Je třeba si ale uvědomit, že paliva tohoto typu nejsou nevyčerpatelné a navíc důsledkem jejich spalování dochází ke zvyšování emisí. Současně s tím vzrůstá i závislost na dovozu těchto energetických surovin, proto je nutné se ohlédnout na budoucí generace. Navíc stálé využívání fosilních zdrojů vede ke zhoršujícím u se životní prostředí, což je neblahý důsledek pro všechny organismy na zemi.

Dobrym řešením je zvážit využívání obnovitelných zdrojů. V současné době elektrickou energii neumíme skladovat, proto ji musíme stále vyrábět. Stálou výrobu můžeme zaručit obnovitelnými zdroji, konkrétně vodními elektrárnami. Tato cesta výroby je v samé podstatě ekologicky čistá a nedá se vyčerpat. Mnoho výhod obnovitelných zdrojů nasvědčuje ubírat se touto cestou výroby energie a věnovat ji pozornost. Navíc součástí člověka je touha stát se nezávislým, proto také popularita výroby z obnovitelných zdrojů stále roste.

Ovšem, nedá se říci, že energie z obnovitelných zdrojů v současnosti a dalších letech dokáže nahradit stávající největší podíl fosilní a jaderné energetiky. Podíl obnovitelné energie se ale určitě na výrobě může mnohonásobně ještě zvýšit.

Nastává tedy otázka: „Proč nejsou obnovitelné zdroje používány ve větším měřítku?“ Odpověď je jednoduchá. Pro průmysl, tedy společnost, je jednodušší použít energetické zdroje ve formě fosilních paliv, ty nám ze své minulosti poskytuje příroda. Lze říci: „Z důvodu vysoké potřeby energie žijeme na úkor budoucích generací.“

Takřka každá vyspělá společnost je závislá na elektrické energii, proto je nutné najít v co nejbližší době nové alternativní zdrojem, pro odvrácení rychlého vyčerpání fosilních paliv. Tuto skutečnost již samozřejmě pochopilo mnoho států a snaží se podíly výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů zvyšovat.

V této práci Vás chci seznámit s jednou z nejstarších a určitě nejúčinnějších možností výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů, jedná se o vodní elektrárny. Energie vody, tedy vodní elektrárny jsou známy již po mnoho let. Jde o nejstarší možnost výroby energie pomocí obnovitelných zdrojů. Můžeme si všimnout, že Země je z vesmíru než 71% pokryta vodou, i tato skutečnost nasvědčuje vysokému použití vodních elektráren. Skutečně ale můžeme využít jen malé procento vody na zemi, konkrétně větších řek. V ČR nejsou přírodní poměry pro budování velkých vodních energetických děl ideální, přesto hrají v rámci obnovitelných zdrojů u nás primární podíl.

Bakalářská práce je zaměřena na rozdělení vodních elektráren, využití jejich možnosti v ČR a ve světě. Zaměřuje se také na nové technologie přeměny vodní energie. V jedné části je rozebrána legislativa České republiky pro obnovitelné zdroje.

2. Výroba elektrické energie

2.1 Jak funguje vodní elektrárna

Vodní elektrárna představuje technologické zařízení na výrobu elektrické energie. Zařízení dokáže přeměnit potenciál vodní energie na jiný potenciál, konkrétně elektrickou energii. Vodní elektrárna se všemi příslušnými komponenty dohromady tvoří vodní dílo ve smyslu platných právních předpisů.

Hlavní část elektrárny tvoří turbína, ke které přitéká voda přívodním kanálem a turbínu roztočí. Turbína je pomocí společné hřídele spřažena s generátorem elektrické energie. Generátor společně s turbínou vytváří celek nazývaný hydroalternátor. Voda proudící přívodním kanálem představuje energii, kterou hydroalternátor mění na základě elektromagnetické indukce na elektrickou energii. Ve smyslu jde o kruhovou smyčku otáčející se v magnetickém poli, ve které se indukují střídavé elektrické napětí. Vyrobená elektrická energie se dále transformuje na požadovanou hodnotu napětí a odvádí do míst spotřeby.

Proudící vodní energii můžeme přeměnit na jiný druh energie. Podle způsobu využívání energie následně rozlišujeme typy vodních strojů. Energie vody představuje dvě fyzikální veličiny a to **proudění** - energie pohybová, kinetická a **tlak** - energie potenciální, tlaková. Při přeměně na elektrickou energii využíváme proudění a tlak samostatně, nebo současně.

a) potenciální (tlaková) energie - vzniká získáním rozdílů potenciálů vodní hladiny, kdy z vyšší hladiny proudící voda přechází vhodným přivaděčem do potenciálu s nižší hladinou. Výškový rozdíl horní a spodní hladiny potom vytváří tlak, který se využívá ve strojích, kterým říkáme přetlakové - reakční. Patří zde turbíny typu Kaplanova, Francisova...

- polohová

$$E_h = m \cdot g \cdot H \quad (\text{J; kg, m} \cdot \text{s}^{-2}, \text{m}) \quad (1.1)$$

- tlaková

$$E_p = m \cdot \frac{p}{\rho} \quad (\text{J; kg, Pa, kg} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (1.2)$$

b) kinetická energie - je ve vodních tocích dána rychlostí proudění a rychlost je potom závislá na spádu toku. Energii využívají rotační vodní stroje založené na rovnosti tlaků, tzv. rovnotlaké stroje. Z vodních strojů jsou to hlavně vodní kola, turbíny typu Bánkiho a Peltonova

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (\text{J; kg, m} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (1.3)$$

kde E – energie (J),
 m – hmotnost vody (kg),
 g – gravitační zrychlení ($m.s^{-2}$),
 H – výškový rozdíl (spád) (m),
 p – tlak (Pa),
 ρ – hustota vody ($kg.m^{-3}$),
 v – rychlost vody ($m.s^{-1}$).

[10]

Pro nejefektivnější využití daných podmínek elektrárny, jako je řečiště, spád, protékající proud vody, je nejdůležitější výběr vhodné turbíny, ten závisí na účelu a mnoha faktorech celého vodního díla. Vodní turbíny jsou technicky nejdokonalejší mechanické motory vůbec, dosahují až 95% účinnosti. Česká republika využívá nejčastěji turbíny reakčního typu, konkrétně Francisova nebo Kaplanova turbína, které se používají v bohaté paletě modifikací a pro dané podmínky českých řek jsou nejvyužitelnější. [8], [9]

2.2 Hlavní objekty vodního díla

Hlavním účelem vodního díla je soustředění vodní energie dané lokality. Vodní dílo se skládá z mnoha stavebních objektů, staveb, technologických, strojních a elektro-technických zařízení. Hlavní objekty tvoří:

Horní a dolní nádrž – u říčních vodních elektráren obě nádrže tvoří přehrada nebo jez. Nádrže obsahují regulační propustná zařízení, např. jezová tělesa pro přepouštění a vypouštění velkých vod, ledů a naplavenin. Horní nádrž je propojena s dolní nádrží přivaděčem, ten je zhotoven pomocí tlakového potrubí.

Vzdouvací zařízení – je tvořeno hrázemi nebo jezy. Slouží ke vzduť vodní hladiny a usměrnění vody do přivaděče.

Hráze – vyznačují se obvykle větší výškou vzduť vodní hladiny, plochou zaplavovaného území a větším objemem zadržené vody. Samotné vybudování hráze je z ekologických a ekonomických hledisek velmi nákladnou investicí, proto se nedoporučuje výstavba hrází pouze za účelem provozování malých vodních elektráren. Chceme-li se vyhnout výstavbě, vyskytuje se zde možnost instalace vodní turbíny na přivaděčích vody s dostatečným spádem. Využití již stávajících hrází je mnohdy výhodné, dají se například použít jako regulace vodního toku.

Jezy – (nazývaný též splav) slouží k vzedmutí a stabilizaci vodní hladiny v říčním korytě. Obvykle je převážná část hlavního průtoku zachována a jen určitá část vody se odebírá mimo hlavní řečiště, dojde tedy navíc k zajištění volného průchodu řečištěm vodním živočichům. Náklady na výstavbu jsou oproti hrázím nižší, rostou s jejich výškou a šířkou. Jezy mají oproti hrázím nižší výšku vzduť a podstatně menší objem zadržené vody. Pro výstavbu malých vodních elektráren na řece s nižším průtokem je jez většinou nutnou podmínkou.

Přivaděcí zařízení – koncentrují spád do místa instalace vodní turbíny, jejich úkol je tedy přivést vodu k turbíně. Přivaděče tvoří:

- beztlakový přivaděč, budují se převážně výkopem, např. náhon, kanál či štola.
- tlakový přivaděč, tvoří obvykle šachtou, štolou. Realizují se většinou ocelovým potrubím.

Nejdráže vyjdou realizovat přivaděče tlakovým potrubím a proto je zapotřebí přivaděče volit co nejkratší. Vysoké náklady jsou spojeny s nutností vybudovat tunel pro následnou instalaci potrubí. Realizace potrubím však může vycházet levněji u vysokých podélných spádů. Nejvýhodněji vychází zkombinovat oba typy řešení pro dosažení maximálního spádu za minimálních nákladů.

Česle – zabraňují vnikání hrubých a jemných nečistot do turbíny, které z okolí přinesla voda, jsou tedy důležitou součástí vodního díla. Nejčastěji se za sebou umísťují česle dvoje, pro hrubé a jemné naplaveniny. Zhotovují se z ocelové pásovinu tvaru mříže a často jsou vybaveny automatickým čištěním.

Odpadní kanály – vracejí vodu do původního koryta. Obvykle se na celkových nákladech příliš neprojeví, jelikož jsou tak krátké, že náročnost jejich výstavby je vůči ostatním částem elektrárny bezvýznamná. Je-li realizováno delší potrubí, jejich projektování doprovází stejná pravidla jako u beztlakových přivaděčů.

Objekt vlastní vodní elektrárny – zahrnuje především strojovnu s hydraulickými a elektrickými stroji, turbínu a generátor, které jsou většinou na společném hřídeli. Hlavní stroje v sobě zahrnují např. bezpečnostní uzávěry, regulátory, kompresory, čerpací agregáty, jeřáby atd. Součástí objektu je hlavní provozní budova, rozvodna vysokého napětí, kompresorovna a tzv. „Velín“. Velín se skládá s řídicí, regulační, měřicí a kontrolní techniky.

Provozní a bezpečnostní zařízení – zahrnují zařízení pro bezpečný a plynulý provoz. Jde o čistící stroje na čištění česlic, uzávěry a jejich mechanismy včetně potrubí, synchronní a zavzdušňovací ventily, šachtu vyčerpání vody a vyrovnávací komory. Komory slouží ke zlepšení regulace výkyvů vodních tlaků vyvolaných při náhlém uzavření potrubí nebo náhlém odstavení turbíny a zabraňuje postupu tlakových vln při vzniku hydraulického rázu dále do horní části přívodního potrubí. Nejčastěji se zavádějí na dlouhé přivaděče.

Speciální objekty a zařízení – zahrnují plavební komory a zařízení na splavování dřeva, rybovody, jalové výpusti s uzávěry, aj. [9], [11]

3. Vodní elektrárny

3.1 Základní pojmy

Objem stálého zadržení (stálá zásoba; V_{st}) - nejnižší stav (napuštění) vodní hladiny v nádrži, při tomto stavu nelze dále odebírat vodu z vodní nádrže.

Užitný obsah (objem; V_u): objem vodní nádrže mezi stálou zásobou a nejvyšším provozním stavem, tedy nejvyšší provozní stav hladiny.

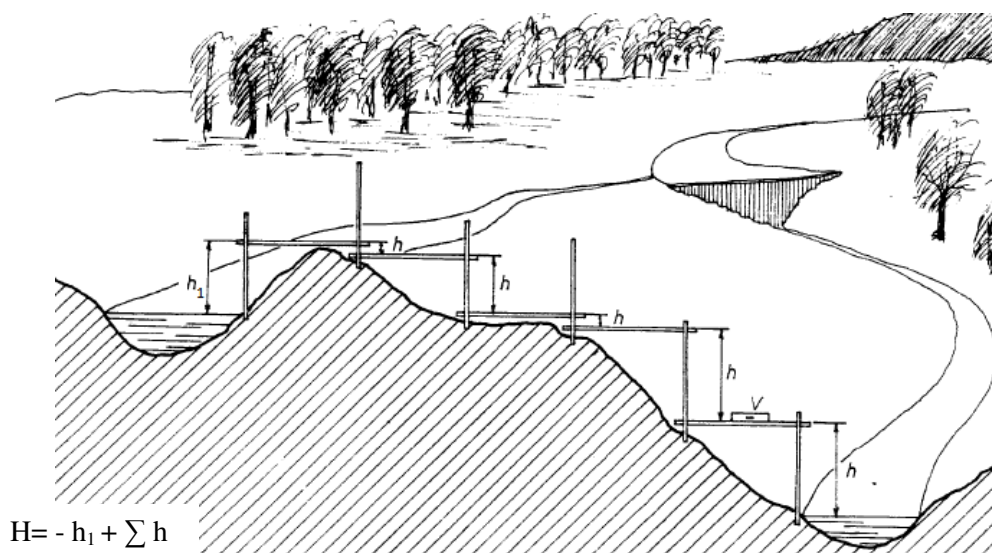
Retenční obsah (objem; V_r): objem vodní nádrže nad užitným obsahem sloužící k zachycení povodňových vln.

Energetický ekvivalent (E_o): hodnota akumulované elektrické energie v užitném obsahu

Spád - představuje výškový rozdíl horní a dolní vodní hladiny. Rozlišujeme dva druhy spádu:

- **hrubý, celkový spád H_b** (brutto), je celkový spád vodního toku daný rozdílem mezi horní hladinou a spodní hladinou bezprostředně pod výpustí vodního díla při nulovém průtoku vodní elektrárnou. Spád lze vypočítat výškovou nivelací, dnes tedy nivelačním přístrojem. Zaměření se může ovšem provést laťí s centimetrovým dělením a vodováha. Pro hrubé odhady jej můžeme stanovit z mapových podkladů

- **užitný (čistý) spád H** (netto) vyjadřuje výsledek, který dostaneme, odečteme-li od hrubého spádu hydraulické ztráty, které vznikají těsně před turbínou a turbínou, v přívaděči a v odpadním kanále. Vznikají především následkem poklesu hladiny horní vody při provozu a vlivem vzdutí hladiny vody spodní, dále změnami směru toku vody a objemovými ztrátami v česlích, v příváděcím kanálu, v potrubí např. zanesení naplavenin.



Obr. 3.1 – Určení spádu bez nivelačního přístroje [9]

Průtok – udává celkové množství objemu vody, které proteče za daný čas daným profilem vodního toku, udává se v m^3/s . Průtok lze odhadnout, vypočítat nebo přesně zjistit pomocí údajů Českého hydrometeorologického ústavu, nebo správy povodí. Nevýznamnější pro využití energie vody jsou tzv. **M-denní průtoky**, jenž udávají zaručený průtok vody řekou po určitý počet dnů. Výsledné hodnoty jsou obvykle uvedeny po 30 dnech v roce. [9]

Hltnost turbíny - Maximální průtok turbínou pro daný spád

Výkon vodní elektrárny

$$P = g \cdot \rho \cdot Q \cdot \eta \cdot H \quad (W; m \cdot s^{-2}, kg \cdot m^{-3}, m^3 \cdot s^{-1}, -, m) \quad (3.1)$$

ρ – měrná hmotnost vody ($1\,000\, kg/m^3$)

g – tíhové zrychlení ($9,81\, m/s^2$)

Q – průtok vodní turbínou (m^3/s)

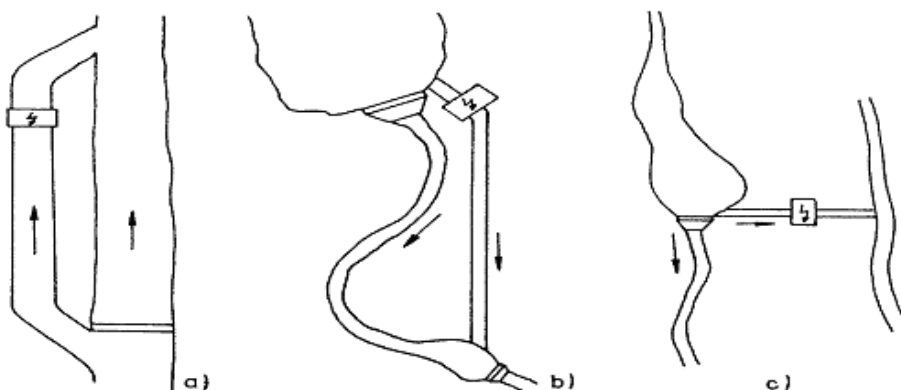
H – čistý spád (m)

η – účinnost (je rovna: $\eta_T \cdot \eta_G$, kde η_T - účinnost turbíny, η_G - účinnost generátoru)

3.2 Dělení

Vodní elektrárny je možné rozdělit z mnoha hledisek. V závislosti využití energie vodního toku rozeznáváme:

- říční** – vodní elektrárna je umístěna přímo na korytě řeky, voda koryto řeky neopustí a proudí ihned přes elektrárnu.
- Derivační** – k vodní elektrárně je voda přiváděna z uměle vytvořeného kanálu, který se vybuduje vedle původního koryta. Průtok derivačním kanálem zajišťují vzdouvací zařízení a stavidla, které část vody nechají proudit v původním korytě. Derivační elektrárny nenarušují vodní tok tak, jako říční elektrárny.



Obr.3.2 - Schéma derivačních vodních elektráren; a) Otevřený kanál; b) Tlakový kanál; c) Štolní [10]

Podle velikosti spádu rozeznáváme:

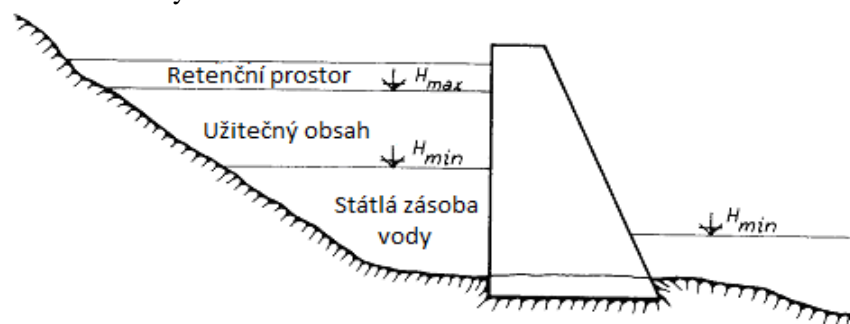
- nízkotlaké** – využívají spád menší než 20 m, jsou postaveny většinou na splavu. V elektrárně jsou instalovány nejčastěji Kaplanovy turbíny.
- středotlaké** – využívají spád v rozmezí 20 až 100 m. V elektrárně jsou instalovány většinou Francisovy turbíny, méně Kaplanovy turbíny.
- Vysokotlaké** – využívají spád v rozmezí 100 až 200 m. Tyto elektrárny jsou osazeny buď některým typům Francisovy turbíny nebo Peltonovy turbínou.

Podle způsobu provozu a podle způsobu akumulace energie:

- průtočné vodní elektrárny** - jsou charakteristické tím, že nemají žádný prostor k akumulaci vody. Obvykle se budují na vhodných místech, které disponují stálým a velkým průtokem. Jejich výkon

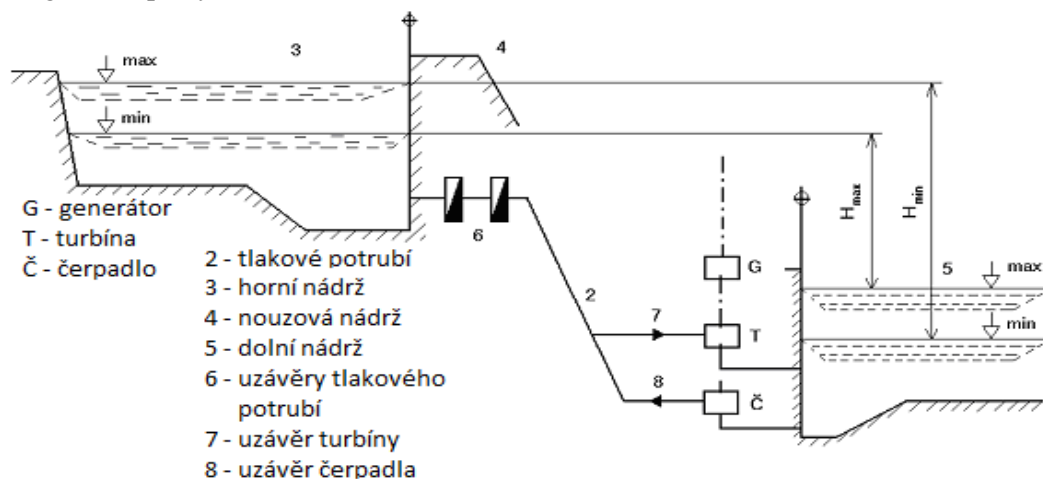
závisí na okamžitém průtoku vody v řece, jelikož neobsahují zásobu vody na delší dobu využití. Tento druh VE pracuje většinou do základní části denního diagramu zatížení.

- b) **Akumulační elektrárny s přirozenou akumulací vody** - jsou charakteristické tím, že disponují prostorem ke stále zásobě vody. Zásoba vody se zajišťuje hrází, vybudované na vodním toku. Díky hrází můžeme dostat střední až vysoké spády. Výkon se neodvíjí od průtoku řeky, je však nutné zajistit relativně stálý průtok, aby nedošlo k celkovému vyčerpání vody. Pracují jako špičkové nebo pološpičkové vodní elektrárny.



Obr.3.3 - Části vodního obsahu akumulární nádrže [10]

- c) **Akumulační elektrárny s umělou akumulací vody = přečerpávací vodní elektrárny - PVE** v době sníženého zatížení elektrizační soustavy uměle akumulují levnou noční energii z tepelných a zejména jaderných elektráren přečerpáváním vody z dolní nádrže do horní akumulární nádrže. Zásoby vodní energie v horní nádrži jsou využívány na výrobu elektřiny během energetické špičky.



Obr.3.4 - Řez uspořádáním přečerpávací vodní elektrárny [10]

VE můžeme rozdělit podle různých hledisek, např. podle instalovaného výkonu, režimu zatížení a dalších.

Podle instalovaného výkonu:

- a) **velké vodní elektrárny** nad 200 MW
- b) **střední vodní elektrárny** od 10 MW do 200 MW

c) **malé vodní elektrárny** do 10 MW

- průmyslové nad 1 MW
- minielektrárny (drobné elektrárny) do 1 MW
- mikrozdroje do 100 kW
- domácí do 35 kW

Podle režimu zatížení:

- a) **základní VE** - jedná se o průtočné VE, které pracují po celý den (až 16 h) na krytí základní části denního diagramu zatížení;
- b) **pološpičkové VE** - pracují jako průtočné a krátkodobě jako špičkové (v dovoleném rozsahu soustředěného průtoku ve svých HN) v pološpičkové části DDZ
- c) **špičkové VE** - pracují na krytí špičkové části DDZ [11]

3.3 Akumulační vodní elektrárny

Disponují prostorem ke stále zásobě vody. Pro jejich funkci je nezbytně nutná hráz nebo jez vybudované na vodním toku ve vhodně poleženém zeměpisném místě. Díky množství zadržené vody můžeme dostat střední až vysoké spády a také vyšší výkony. Přehradní hráze jsou obvykle budovány do maximální výšky 100 m, mohou však dosahovat i výšky nad 300 m. V horských oblastech se budují tzv. údolní nádrže a umožňují instalovat vodní elektrárny ve výhodném položení. Voda je do strojovny přiváděna vysokotlakým potrubím. Vlivem vysokého spádu se vytváří vysoký přetlak až 200 Bar (20 MPa) [5]. Výkon se neodvíjí od průtoku řeky, je však nutné zajistit relativně stálý průtok, aby nedošlo k celkovému vyčerpání vody. Ve strojovně pohání voda turbíny, které pohánějí generátory a vyrábějí elektrický proud.

Akumulační VE představují důležitou roli nejen ve výrobě elektrické energie, spojují v sobě více úloh najednou. Mnohdy slouží pro přilehlé okolí jako zdroj pitné, technologické, nebo závlahové vody. Stabilizují průtoky vody v říčním korytě pod hrází a chrání před povodněmi, někdy také podporují plavební možnosti toku. Břehy hrází lze využít jako rekreační místo.

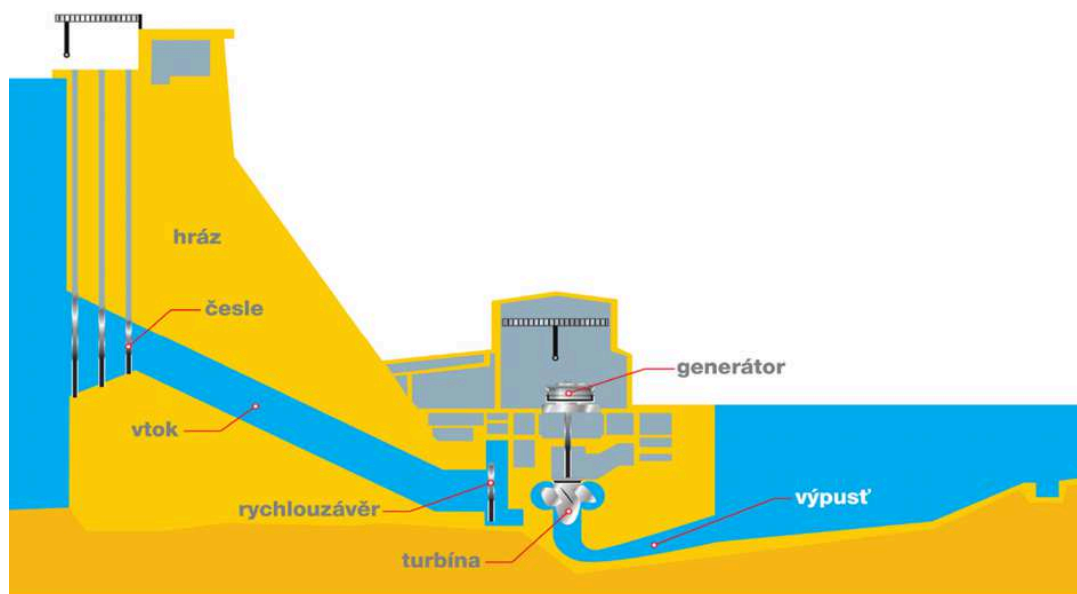
Hráz velkých vodních děl je technicky složitá stavba protkaná sítí kontrolních chodeb. Musí se zajistit proti přelití spodními výpustěmi a horními přelivovými koryty, které zároveň umožní průběžně upravovat výšku hladiny v nádrži. Hráze lze vybudovat dvěma způsoby: **sypané hráze** – Buduje se postupným navážením materiálu, přičemž za pomoci stavebních strojů se postupně udusává a prolévá betonem. Je postavena z kusů kamenů a rozdrčených materiálů (písek, štěrk...) na zpevnění hráze. Pro dostatečnou odolnost proti tlaku akumulované vody musí být hráz dostatečně objemná. Sypaná hráz je jedna z nejpoužívanějších v České republice a je použita u elektráren např. Lipno, Slezská Harta, Dalešice (nejvyšší hráz v Česku a druhá největší sypaná hráz v Evropě).

klenbové – proti tlaku vody odolává poměrně tenká, vyklenutá železobetonová konstrukce. Železobetonová klenbová hráz vodního díla Vrchlice je jediná hráz tohoto typu na území České republiky, ta ovšem neslouží jako vodní elektrárna.

Hráz musí být opatřena spodními výpustěmi a horními přelivovými hranami, které zabraňují přelití vodní hladiny při velkém přítoku vody. Tyto opatření také umožňují průběžně upravovat výšku

vodní hladiny. Pod hráz se zároveň buduje speciální nádrž tzv. vývařiště, které slouží k pohlcení odcházející vody z nádrže a zároveň slouží jako energetický tlumič. Odtékající voda z turbíny je energeticky bohatá a dosahuje často velkých rychlostí, proto se v tomto vývařišti voda zklidní a dále postupuje do řečiště bez dalších škodlivých následků.

Umístění vlastní elektrárny v nádrži může být různé. Zásadou umístění ovšem zůstává, využít zadrženou vodu s maximální účinností. Záleží na tvaru terénu, výškových a spádových možnostech a na množství vody, které je k dispozici. [5], [12]



Obr.3.5 - Princip akumulační vodní elektrárny [12]

3.4 Průtočné vodní elektrárny

Mnoho přírodních toků dosahuje velkého množství průtoků vody. Je-li v určitém místě vodního toku místo s velkým průtokem a velkým výškovým rozdílem, tedy spádem, je ideální v tomto místě vybudovat průtočnou elektrárnu. Pro funkčnost elektrárny je potřeba menší hráz nebo jez, ty zadrží vodu a vytvoří vzduť, tím se přímo vytvoří rozdíl výšky hladiny před a za elektrárnou. Na vzdouvacím stupni voda teče na turbínu a ta pohání generátor. Elektrárna pracuje bez akumulace, přesněji „doba naplnění nádrže kumulací vodního průtoku je prakticky zanedbatelná a využívá pouze momentální množství vody protékající řečištěm“. Vlastní vzduť zajistí takové množství vody, na něž je elektrárna dimenzována, aby se hlnost turbíny blížila k maximu. Průtok vody je však vyšší, než maximální hlnost turbíny a zbylá voda protékající v korytě řeky přepadá jalově přes jez.

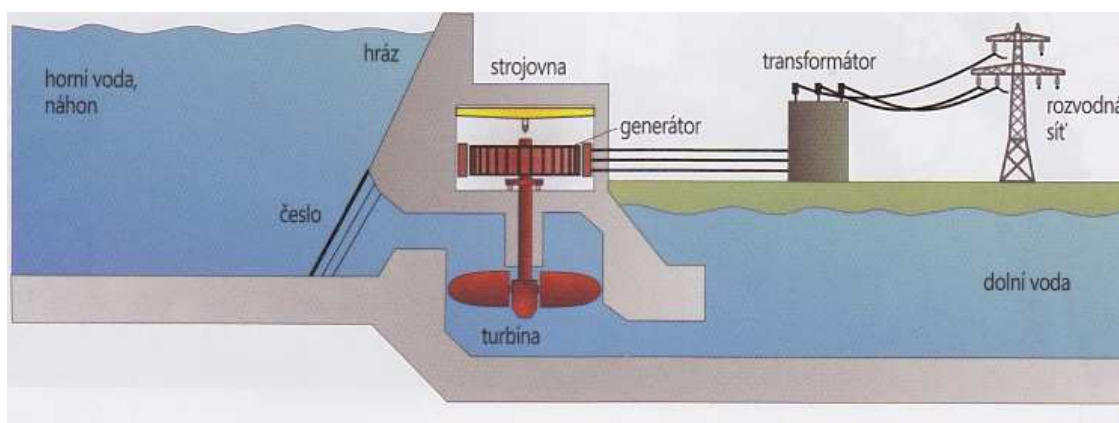
Pro větší průtočné vodní elektrárny je důležité co nejefektivněji využít daného průtoky vody v ročním období, proto se větší elektrárny konstruují s více turbínami a voda pohání několik turbín běžících paralelně. Nastane-li ovšem v suchém období nízký stav vody, vysadí se některé turbíny. Vysazené turbíny z provozu zajistí dostatečný průtok vody pro zbývajících turbín. Toto opatření zabraňuje poklesu účinnosti turbín při částečném provozu.

Průtočné vodní elektrárny nedosahují velkých výkonů, protože spád není příliš velký, dosahuje jen několika metrů, z tohoto důvodu mají výkon do 100 MW. Další nevýhodou je jejich špatná

regulace výkonu, protože se v řece nedá proud vody snížit a mohou do sítě dodávat pouze tzv. hodinový proud. Přebytečné množství vody se musí nechat nevyužitě protéct elektrárnou.

Elektrárny mohou představovat překážku pro lodě i vodní živočichy z důvodu přítomnosti jezů a přehrad. Obvykle se proto musí vybudovat plavební komora pro lodě k překonání výškového rozdílu a komůrkový rybí přechod pro vodní živočichy.

Průtočné vodní elektrárny pracují v základní části denního diagramu zatížení. [5]



Obr.3.6 - Princip průtočné vodní elektrárny [5]

3.5 Přečerpávací vodní elektrárny

Přečerpávací vodní elektrárny představují nezastupitelnou roli mezi zdroji v elektrizační soustavě. V současné době nedokážeme elektrickou energii ve velké míře skladovat, pro musí elektrizační soustava v určitém okamžiku dodávat tolik energie, kolik zrovna činí poptávka. Přečerpávací vodní elektrárny proto vznikly na krytí a regulaci aktuální spotřeby elektrické energie. Tento typ regulace spotřeby sítě můžeme chápat jako dočasné uložení elektrické energie, jakmile nastane nedostatek energie. Náklady na stavbu elektrárny jsou značně vysoké, ale i přesto se pohybuje návratnost této investice okolo 7-mi let provozu. (např.: návratnost PVE Dlouhé Stráně činila cca 6 let). I přes danou skutečnost drahé investice mají proti jiným typům elektráren mnoho výhod.

Přečerpávací vodní elektrárny potřebují pro výstavbu velmi příznivé geografické podmínky. Pro provoz elektrárny je nutný přirozený přítok vody, jenž vyúsťuje do spodní nebo horní nádrže podle dané lokality. Mohou však existovat tzv. čistě přečerpávací přehrad, které nemají přirozený přítok vody. Pro funkci elektrárny je nutné předem vybudovat dvě nádrže se vzájemným výškovým rozdílem podle požadovaného výkonu. Výškový rozdíl hladin by měl být co největší, pro dosažení velkého spádu a výkonů. Elektrárna plní hlavní základní funkce:

Statická funkce – nastává, když potřebujeme dodávat elektrickou energii do sítě nebo naopak spotřebovat přebytek elektrické energie v síti. Při generátorovém režimu turbína odebírá energii vodě a alternátor dodává energii přes transformátor do sítě. Voda přitéká z horní nádrže tlakovým potrubím k turbíně a následně odtéká do nádrže spodní. Při reverzním, čerpadlovém režimu elektrárna odebírá energii ze sítě, elektrický stroj pracuje jako elektromotor pohánějící turbínu, která čerpá vodu ze spodní nádrže do horní. Tento režim se používá při přebytku elektrické energie v síti. Při přechodu na

jednotlivé režimy, obzvlášť na čerpací režim dochází k velkým tlakům v potrubí, proto je nutné vybudovat vyrovnávací komoru regulující změnu tlaku.

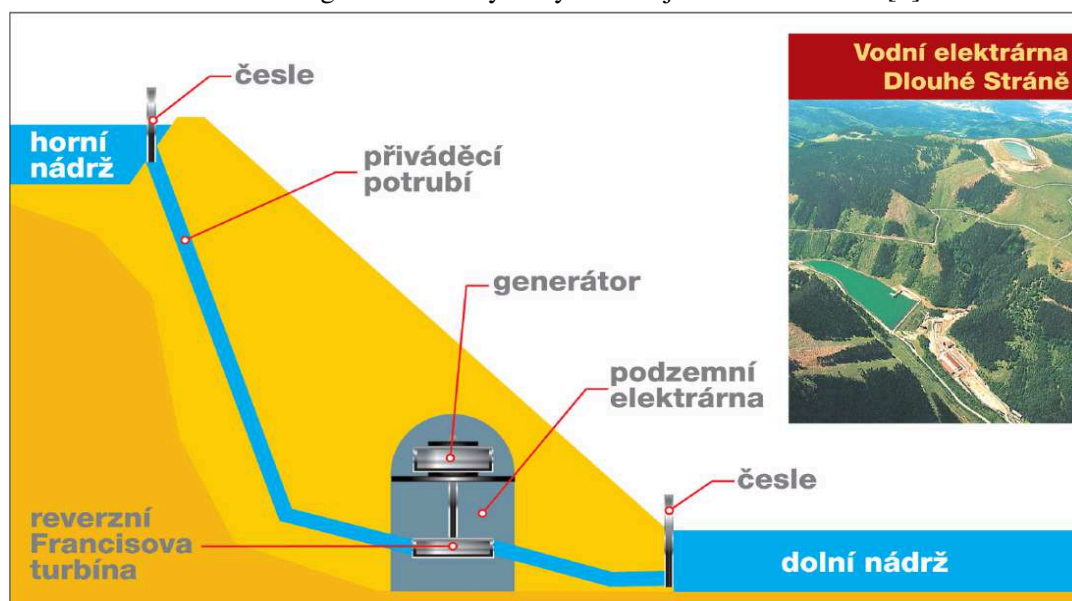
Dynamická funkce – tím rozumíme schopnost elektrárny plnit funkci rezervního výkonného zdroje systému. Do této funkce také spadá vyrábět regulační výkon a podílet se řízení kmitočtu elektrické sítě.

Regulační funkce – tímto rozumíme, že elektrárna se podílí na hlavním parametru sítě a to regulací napětí v síti.

V současné době se u přečerpávajících elektráren můžeme setkat s dvoustrojovým provedením (motorgenerátor s reverzní turbínou), má jednodušší stavbu a je nejméně nákladné. Motor a čerpadlo jsou sloučeny do jednoho stroje, turbína slouží zároveň k výrobě i čerpání vody při vhodném natočení lopatek, tento typ turbíny se nazývá reverzní. Soustrojí pracuje vzhledem k elektrizační soustavě jako zdroj, spotřebič, nebo synchronní kompenzátor, který kompenzuje dodávku jalové energie. Toto uspořádání se vyznačuje nižší investicí, jelikož nemusíme používat čerpadlo u vícestrojových uspořádání.

Starší přečerpávací elektrárny dosahují účinnosti 50 - 65 %. Moderní a nově vybudované elektrárny vykazují účinnost malého cyklu mezi 70 – 80 %. Účinnosti malého cyklu rozumíme bez uvažovaných ztrát přenosem energie k zákazníkovi a ztrát od zdroje k čerpadlu. Motorický chod spotřebuje velké množství energie, zpětně lze díky generátorickému chodu získat přibližně 70 % elektrické energie (z vynaložené 1,3 kWh dostaneme 1 kWh). Navzdory vzniklých ztrát tohoto principu, jsou tyto elektrárny ekonomicky velmi atraktivní. Právě při čerpání do horní nádrže využívají levnou energii v době přebytu elektrické energie (např. v noci). V době špičky, kdy vznikne v síti potřeba většího množství energie (ranní hodiny), dochází ke zpětné dodávce do sítě. Vyrobená energie se zpětně dodává do sítě za výrazně vyšší ceny. Přečerpávací vodní elektrárny dostaly svého působení hlavně v posledních letech, kdy výkon dodávaný do sítě z větrných a fotovoltaických elektráren značně kolísá a je nutné ho regulovat, tuto úlohu regulace přečerpávací elektrárny mohou zastat.

Výhodou elektráren je velmi rychlý rozběh a spuštění turbíny. Okamžité plné najetí elektrárny a samotná dodávka elektrické energie do soustavy obvykle trvá jen několik minut. [5]



Obr.3.7 - Princip akumulční vodní elektrárny [12]

3.6 Přílivové elektrárny

Gravitační pole měsíce obíhajícího kolem Země reaguje s polem Země, vzniká příliv a odliv. Vlivem otáčení Země se směr sil mění. Voda v oceánech je tímto polem přitahována a rozdílem hladin přílivu a odlivu dostáváme spád, ten dosahuje až 1 m na otevřeném moři. U pobřeží se blíží i 12 metrům, což představuje technické využití pro vodní elektrárny. Energie vytvářená Měsícem a Sluncem představuje výkon asi 3,5 TW. Návratnost energie se vyplatí pro rychlost proudění nejméně 1,2 m/s. V mnoha místech otevřeného moře je rychlost pouze okolo 0,1 m/s. Ve skutečnosti existuje ve světě jen asi 20 vhodných lokalit.

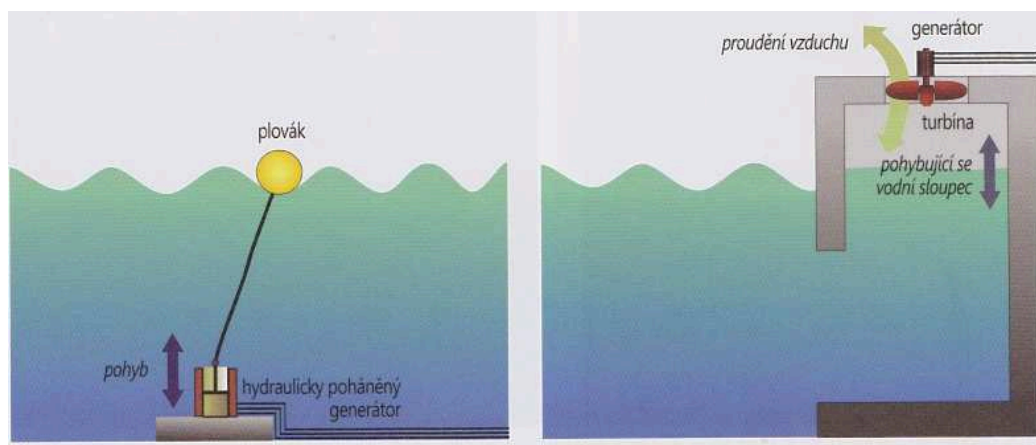
V pobřežních oblastech se vytvoří přehradní bariéra. Při přílivu proudí voda na turbínu v zátocě a při odlivu proudí v opačném smyslu zpět, v podstatě nepřímo využívá kinetickou energii rotující Země. Elektrárna však neposkytuje stabilní výkon, protože interval mezi přílivem a odlivem je 12 hodin 25 minut, posunují se fáze výroby energie denně o 50 minut, což komplikuje poskytování energie především ve špičkách. [13]

V současné době na světě existuje jen málo moderních přílivových elektráren. Nejvýznamnější a největší vodní dílo tohoto typu představuje elektrárna ve Francii, která byla uvedena do provozu v roce 1967, má výkon 240 MW, hráz o délce 750 m a instalovaných 24 turbín. Zadržovaná voda má však dopad na ekosystémy v uzavřené zátocě, navíc slaná voda přináší korozní problémy. Dle expertních odhadů je asi jen 50 míst na zemi vhodných pro tyto elektrárny, ale často se nacházejí mimo předpokládané středisko využití elektrické energie. Využití přílivu a odlivu má největší perspektiva v Kanadě, kde rozdíl hladin v zálivu Fudny Bay činí 21 m. [5]

3.7 Vlnové elektrárny

Mnoho let se vkládaly naděje do vývoje vlnových elektráren, jelikož potenciál vln představuje pozoruhodný zdroj. V současné době je mnoho prototypů v testovacím režimu. Vlnové elektrárny zažívají ohromný rozvoj, momentálně dokáží dodávat energii v řádu stovek kW. Využití je možné v oblastech s mělkým pobřežím. Podle principu dělíme elektrárny následovně:

- systém s plováky – využívá potenciální energii vln. Na dně je připevněn nepohyblivý díl s pístem, k němuž je připojen plovák kopírující pohyb vln. Pohyb plováku se přenáší na píst, nebo na turbínu
- komorový systém – využívá proud vzduchu vzniklý uzavřením vody v komoře. Při vlnění se vodní hladina zvedá a klesá, což v uzavřené komoře vytváří proud vzduchu. Turbína nepřichází do kontaktu s mořskou vodou, což zajišťuje dlouhou životnost.
- zařízení „TapChan“ (Tapered Channel = zašpičatělý kanál) – využívá proudění vody do zužujícího se kanálu. Svrchní nádrž zachycuje vlny. Při zpětném proudění do moře pohání voda turbínu. [5]



Obr.3.8 - Princip vlnové elektrárny. Vlevo: plovákový systém, vpravo: komorový systém [5]

3.8 Elektrárny poháněné mořskými proudy

Konstrukce elektrárny poháněné mořskými proudy je obdobná větrné elektrárně, ovšem rotor neroztáčí vítr, ale mořský proud. Turbíny nemusí být příliš velká kvůli vyšší hustotě vody. Navíc mořské proudy lze lépe předvídat než vývoj větru. Možné využití těchto elektráren je závislé na relativně stálém proudění o vysoké rychlosti v hloubkách okolo 25 m. [5]

První prototyp byl v roce 2003 umístěn u pobřeží Severního Devonu ve Velké Británii. Tento typ vodního zdroje je rovněž v režimu testování, má velkou finanční podporu od přímořských států i soukromých investorů.



Obr.3.9 - Prototyp elektrárny projektu Seaflow na britském západním pobřeží [14]

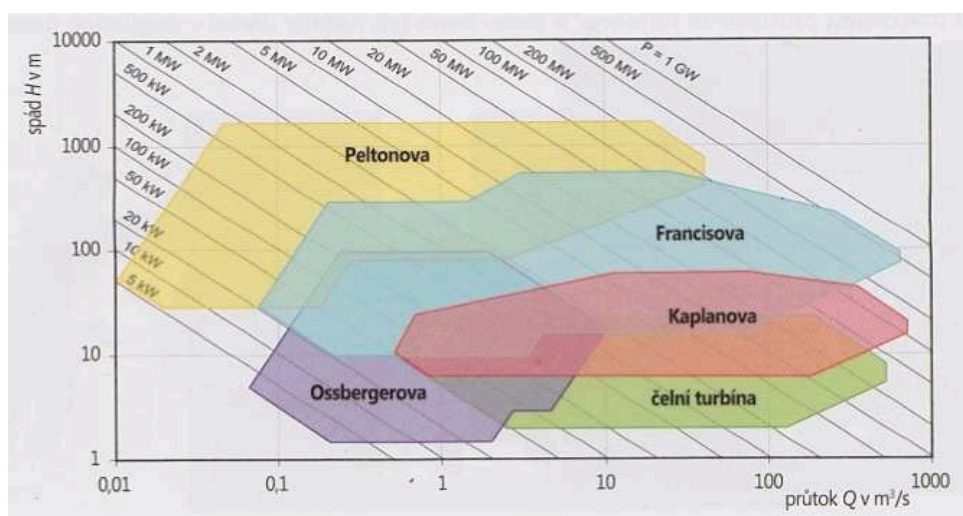
4. Vodní turbíny

4.1 Základy a historie

Vodní turbíny jsou jádrem celé vodní elektrárny, jedná se o točivý mechanický stroj, sloužící k přeměně energie proudící vody na energii elektrickou pomocí odebrání energie vody.

Průkopníkem a zakladatel podkladů teorie turbín byl fyzik švýcarského původu Leonhard Euler 18. století. Z poznatků švýcarského fyzika vycházel francouzský technik Benoit Fourneyron, který sestrojil první přetlakovou vodní turbínu v roce 1827. O dvacet let později se úspěšně zdařilo sestavení Francoisovy turbíny, která pracuje opět na přetlakovém systému. V roce 1880 sestrojil jednoduchou turbínu američan Lester Pelton. Turbína pracovala na principu rovnosti tlaku, jde tedy o rovnotlakou turbínu zvanou peltonova. V roce 1918 se poprvé vyrobila rychloběžná kaplanova turbína, kterou zkonstruoval Viktor Kaplan. Uvedené tři typy turbín představují dnes hlavní předpoklad přeměny vodní energie. [15]

Současné používané vodní turbíny mají jen velmi málo společného s historickými vodními koly. Výběr typu turbíny závisí na daných specifikacích místa instalace vodní elektrárny. Důležitými parametry pro výběr je spád vody a množství jejího průtoku, podle těchto parametrů se volí optimální turbína. Výkony těchto turbín mohou dosahovat až 700 MW. [5]



Obr. 4.1 – H-Q diagram, zobrazující oblast optimálního využití různých vodních turbín [5]

Tabulka 4.1 - Specifické otáčky turbín [5]

Typ turbíny	Obvyklé rozmezí n_s (min^{-1})
Peltonova	4 – 32
Bánkiho	70 – 150
Francoisova normální	150 – 250
Kaplanova a vrtulová	300 – 1 000

V zásadě turbíny dělíme na dvě hlavní kategorie:

1. **akční turbíny** – využívají pouze kinetickou energii vody. Tyto turbíny jsou rovnotlaké. Voda je na turbínu přiváděná z určité výšky, můžeme si celý systém představit jako typ náhonu na vodní mlýnské kolo.

2. **reakční turbíny** – využívají kinetickou tak i tlakovou energii vody. Turbíny tohoto typu jsou zásadně přetlakové, využívají rozdílného tlaku kapaliny před turbínou a za turbínou. Voda je před turbínou určitého tlaku, vstoupí do turbíny, turbínu roztočí a postupně při průchodu dále se tlak vody snižuje. Výsledný tlak je vyšší před turbínou.

Dále se dá rozdělit podle pracovní polohy na:

- radiální
- axiální.

Podle celkové konstrukce:

- Peltonova turbína
- Francisova turbína
- Kaplanova turbína
- Bánkiho turbína

Pro MVE – kašnová, násosková, spirálová, ...

[5], [15]

4.2 Peltonova turbína

Princip činnosti:

Peltonova turbína je tangenciální rovnotlakou turbínou dosahující až 95% účinnost. Turbína má po obvodu misky, ke kterým je tečně z trysek (tzv. dýz) přiváděná voda. Voda nedopadá na turbínu tedy po celém obvodu, ale vstupuje do turbíny pouze v některých částech. Dýza je zařízení kruhového průřezu sloužící k omezení průtoků kapalin, její průběh se plynule mění. Vtoková hrana je zaoblená a výtoková hrana je ostrá. Z dýzy již kruhovým potrubím proudí voda k lopatkám lžičkovitého tvaru. Potrubí může být rozvedeno do více částí a voda tak dopadá na více lopatek současně. Lopatky jsou nastaveny kolmo na směr toku vody a tak dojde k jejímu otočení vlivem tlaku. Kruhový pohyb turbíny se přímo předává na hřídel alternátoru, který vyrábí elektrickou energii. Peltonova turbína je nejefektivnější v případě vysokého tlaku přírodní vody. Jelikož voda proudí k lopatkám turbíny přes dýzu, je možno provést její optimální regulaci průtoku a tím měnit působící tlak na turbínu. Regulace průtoku vody probíhá změnou výtokového průřezu dýzy zasouváním regulační jehly, kterou ovládá servomotor. Pro potřebu rychlého snížení výkonu turbíny je možno přiváděcí potrubí odklonit a zajistit, aby voda nedopadala na lopatky turbíny. Otáčející se turbína je přímo spojena s rotorem alternátoru.

Použití

Z H-Q diagramu vyplývá, že peltonovy turbíny se používají pro vysoký spád vody a malý průtok. Vyrábějí se v mnoha velikostech, nejmenší turbíny měří jen několik desítek centimetrů, používají se pro malé vodní elektrárny s velkým spádem. V energetice se využívá vertikální uložení, přičemž výkon dosahuje až 200 MW. Rozsah použití je od 15 m až po 1800 m. [17]

4.3 Francisova turbína

Francisova turbína je podtypem vodní turbíny, vyvinuté James B. Francisem. Jedná se o přetlakovou turbínu zdokonalenou z vodního kola o celkové účinnosti 90%.

Francisova turbína má dvě podvarianty podle uložení hřídele:

- Vertikální
- Horizontální

Princip činnosti

Francisova turbína je založena na přetlakovém principu, tedy kapalina během své cesty potrubím předává energii turbíně, díky změně tlaku. Před turbínou se nachází zúžující se přívod s vysokým tlakem vody a za turbínou je kuželovitě rozšiřující se sávka s nízkým tlakem, ze které již voda s minimem energie (rychlosti) vytéká. Vedle turbíny se instalují rozváděcí lopatky řízené regulátorem, které jsou umístěny po celém obvodu potrubí a slouží pro směřování toku vody na rotor turbíny. Rotující voda pod tlakem přispívá k efektivitě turbíny. Proudící voda nasměrovaná rozváděcími lopatkami vstupuje do oběžného kola turbíny. V oběžném kole dopadá na zakřivené mezilopátkové kanály, mění směr i rychlost a postupně předává svou rotační rychlost i tlak rotoru.

Důležité je zde zmínit kavitací jev: „Kavitace vzniká při poklesu tlaku v kapalině, přičemž vznikne imploze (opak exploze, těleso nebo hmota se zborstí do vlastního objemu). Tenhle pokles tlaku bývá způsoben lokálním zvýšením rychlosti (tzv. hydrodynamická kavitace). Kavitace je zpočátku vyplněna vakuem, později do ní mohou pronikat plyny z okolní kapaliny. Když zmizí podtlak, který kavitaci vytvořil, její bublina kolabuje za vzniku rázové vlny s destruktivním účinkem na okolní materiál. Vzniká například na lopatkách vodních šroubů, turbín na čerpadlech a dalších zařízeních, která se velkou rychlostí pohybují v kapalině. Kavitace způsobuje hluk, snižuje účinnost strojů a může způsobit jejich poškození. Na vznik kavitace má vliv především velikost podtlaku, soudružnost (povrchové napětí) kapaliny a teplota (čím je nižší, tím je menší kavitace).“ [16]



Obr. 4.2 – Kavitace na oběžném kole Francisovy turbíny [16]

Použití

Francisovy turbíny patří mezi nejpoužívanější. Turbínu je totiž možno použít pro střední a větší průtoky i spády. Francisovy turbíny jsou časté zejména u přečerpávacích elektráren. Například největší evropská přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně používá dvě Francisovy turbíny o výkonu 325 MW. [15], [16], [17]

4.4 Kaplanova turbína

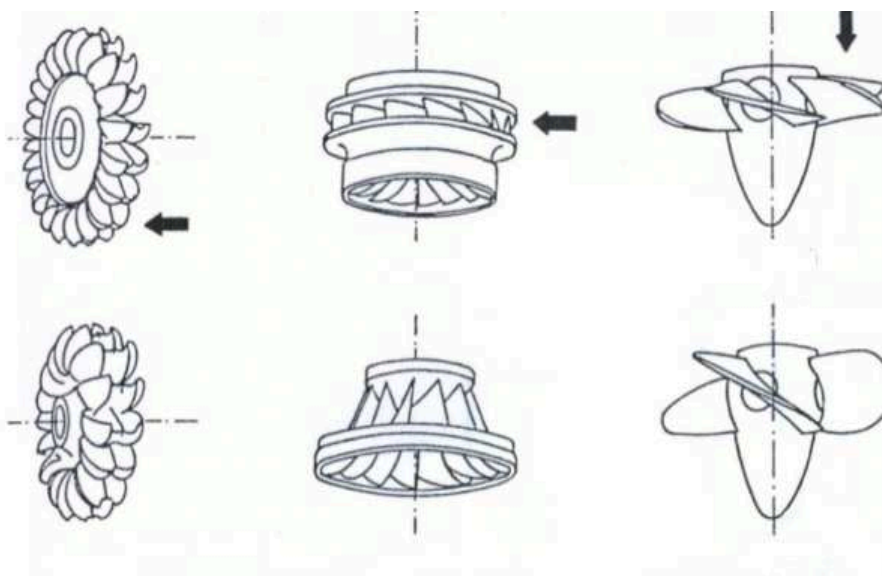
Turbínu vynalezl profesor brněnské techniky Viktor Kaplan (rakouský občan). Od Francisovy turbíny se liší menším počtem lopatek a tvarem oběžného kola.

Princip činnosti

Kaplanova turbína je přetlaková axiální turbína. Opět musí k funkci využívat rozvaděcí lopatky. Největší předností turbíny je především její možnost dobře regulovat náklon lopatek oběžného i rozvaděcího kola. Turbína disponuje třemi až osmi nastavitelnými lopatkami a vypadá jako velký lodní šroub, který pohání protékající voda.

Použití:

Často se používá v místech, kde není možné zajistit vyšší spády a průtoky, díky možnosti velmi dobré regulace. Obecně se používá především při velkých průtocích a malých spádech, které nejsou konstantní. Turbína lze osadit i do malých strojoven, má malou stavební výšku. Nevýhodou turbín s dvojitou regulací je značná mechanická složitost, díky tomu je cena vysoká a je třeba uvažovat i vyšší náklady na údržbu. Proto je nutno zvážit instalaci této turbíny spíše pro výhodné hydroenergetické potenciály. Tato turbína stala nejvýznamnějším typem turbíny užívaným ve velkých vodních elektrárnách po celém světě. [5], [17]



Obr. 4.3 - Vlevo: Peltonova turbína. Uprostřed: Francisova turbína. Vpravo: Kaplanova turbína
[5]

5. Stávající využití vodních elektráren v České republice a ve světě

5.1 Česká republika

Česká republika je situována ve středu Evropy. Velkou výhodou je fakt, že Česká republika se nachází na rozvodí tří moří, konkrétně jde o Černé moře, Severního moře a Baltského moře proto také dostala označení „srdce Evropy“. Tato skutečnost napovídá možnosti využití potenciálu vody, jelikož zde pramení řeky Morava, Dunaj, Vltava, Labe, Odra ústící do moří, ale realitou zůstává, že zde vodní prameny řek nemusí dosáhnout potřebného množství průtoku vody. Možností využití velkých vodních elektráren v České republice jsou tedy omezené vzhledem k přírodním podmínkám, jelikož značný potenciál vody je rozptýlen do mnoha menších toků. Energie získávání z vodních toků České republiky není tedy hlavním zdrojem elektrické energie a ani jím být nemůže. Tento potenciál se ovšem dá dobře využít pro malé vodní elektrárny, které jsou u nás velice rozšířené. Výhodou rozptýlení pramenů řek zůstává možnost instalování vodních elektráren prakticky po celé České republice a nedochází tak ke tvoření kompaktního celků, ale mohou být rozptýleny po celém území. Hlavní výhodou rozptýlení řek je připojení elektráren do elektrizační soustavy, kde nezatěžují přenosovou síť.

Vodní energetika v ČR

Česká republika se v rámci jednání o vstupu do Evropské unie zavázala zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie na 8 % do roku 2010. V pravidelných ročních zprávách o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů bylo až do konce roku 2009 uváděno, že splnění cíle není reálné. Cíl byl podle předpokladu v roce 2010 splněn, dokonce byl překonán o 0,24 %. Největší část připadá stále na elektřinu z vodních elektráren, podíl malých vodních elektráren na výrobě je 1,86 % [18]. Česká republika využívá všechny typy vodních elektráren, které sehrávají významnou úlohu v krytí pološpičkového a špičkového úseku denního diagramu zatížení. Podíl výroby elektrické energie prostřednictvím vodních elektráren je nejvyšší z celkové energie obnovitelných zdrojů.

Vodní elektrárny u nás disponují instalovaným výkonem přibližně 10,97 % (2 202,6 MW z celkových 20 250 MW k 31.12.2011), ovšem na celkové výrobě energie se podílejí něco nad 4 %. Využitelný potenciál řek ČR činí 3 380 GWh/rok. Z celkového podílu je zhruba 39 % energie vyrobeno v elektrárnách o výkonu do 10 MW, 43,5 % v elektrárnách o výkonu nad 10 MW a přibližně 17,5 % se vyrobí v přečerpávacích elektrárnách (počítáno za rok 2010).

Hlavní podíl na výrobě elektrické energie činí Vltavská kaskáda na řece Vltavě, dosahuje spádu 525 m od Želnavy až po Vrané a proto je předurčena k energetickému využití.

Tabulka 5.1 – Výroba elektřiny vodními elektrárnami (bez PVE) v roce 2010 [19]

	Výroba v roce 2010 [GWh]	Podíl na elektřině z OZE [%]	Podíl na konečné spotřebě [%]
Vodní elektrárny	2792,7	47,7	3,9

Malé vodní elektrárny

Dle normy ČSN 73-6881 Malé vodní elektrárny jsou za malé vodní elektrárny považovány všechny vodní elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW. Momentálně MVE zastupují hlavní celek pro další vývoj výroby elektrické energie z vody, jelikož prakticky všechny velké potenciály jsou již vyčerpány.

Technicky využitelný potenciál řek na území ČR činí 3 380 GWh /rok. Z toho potenciál využitelný v MVE je 1 570 GWh /rok. V současnosti je zde přibližně využíván potenciál MVE 700 GWh /rok, procentuálně vyjádřeno jde o 45%. [1], [2]

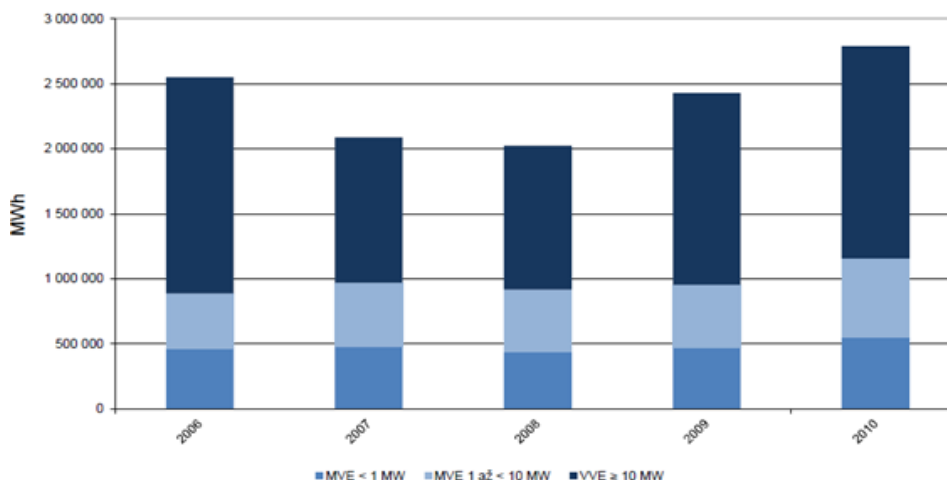
Z výše uvedených čísel je vidět, že potenciál řek pro malé vodní elektrárny je stále ještě dostačující a můžeme čekat postupný nárůst energie z MVE. Výstavba MVE nebude probíhat velkým tempem, protože většina výhodných míst pro jejich stavbu je již zabrána starými elektrárnami v původních mlýnech, pilách a dalších. Hlavním zásadou bude nejspíš fakt nahradit, potažmo rekonstruovat staré MVE novými, účinnějšími turbínami. Většina nevyužitých lokalit nemá příliš vhodné podmínky pro novou výstavbu MVE z důvodů nízkých spádů (méně než 2 m, popřípadě 2-4 m), to vede k vysokým investičním nákladům. MVE disponují delší dobou životností (okolo 30 let), než jsou jejich investiční náklady, lze tedy říci, že energie z MVE patří k nejlevnějším a ekologicky čistým zdrojům. V mnoha ohledech kladně přispívají k režimu vodního toku.

Tabulka 5.2 -Výroba elektřiny ve vodních elektrárnách v roce 2010 [19]

Typ vodní elektrárny dle instalovaného výkonu	Výroba elektřiny brutto (GWh/r)	Výroba elektřiny brutto (%)	Instalovaný výkon (MW)	Instalovaný výkon (%)
< 0,5 MW	322,5	0,46	80,1	0,40
0,5 – 10 MW	994,8	1,40	233,2	1,16
> 10 MW	1 472,1	2,07	742,8	3,70
Přečerpávací vodní elektrárny	591,2	0,83	1 146,5	5,71
Celkem	3 380,6	4,76	2 202,6	10,97

Tabulka 5.3 -Výroba elektřiny ve vodních elektrárnách (zahrnutý PVE) [19]

Období	Vyrobena elektřiny	Z toho vodní elektrárny ČEZ
2008	2 376,3 GWh	1 133,7 GWh
2009	2 982,7 GWh	1 826,9 GWh
2010	3 380,6 GWh	2 300 GWh

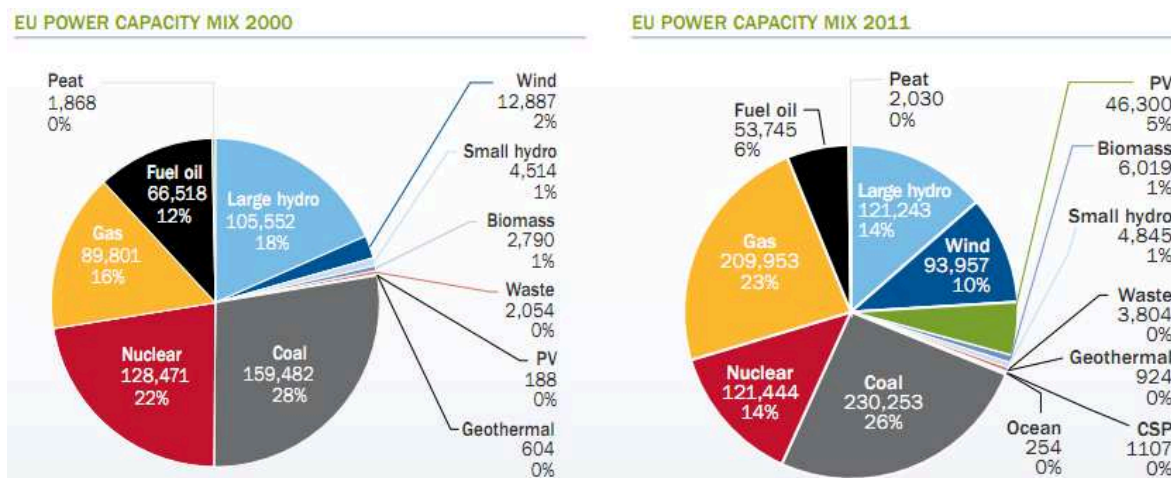


Graf 5.1 –Vývoj výroby elektřiny ve vodních elektrárnách (bez PVE). [20]

5.2 Evropská unie

Podíl obnovitelných zdrojů energie.

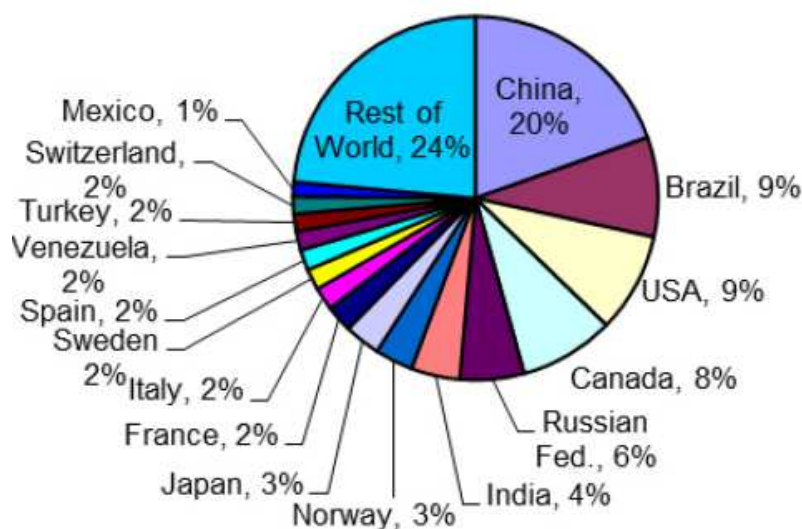
Od roku 1997 Evropská unie usilovala o dosažení cíle zvýšit podíl obnovitelné energie na hrubé domácí spotřebě do roku 2010 na 12 %, což představovalo zdvojnásobení podílu obnovitelných energií. Vodní energie samozřejmě spadá do obnovitelných zdrojů energie, proto bylo nedílnou součástí zvýšit i jejich výrobu. Evropská unie dokázala v roce 2008 podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě zvýšit na 10,3 %, ale hranici 12 % se nepodařilo překročit. Celkový podíl instalovaného výkonu (pouze instalovaný výkon) technologií obnovitelných zdrojů energie pro výrobu elektřiny vzrostl z 22 % (rok 1998) na 30 % v roce 2008. V roce 2008 byla celková hrubá spotřeba elektrické energie 3 357 TWh, z toho 558 TWh bylo vyrobeno z obnovitelných zdrojů. Vodní elektrárny se v roce 2008 podílely 60 % na výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů. V roce 2010 přibýlo celkem 210 MW instalovaného výkonu vodních elektráren [21]. Celkově se v Evropské unii za rok 2011 podílely 15 % vodní elektrárny na výrobě energie, z toho 1 % náleží MVE, oceánské elektrárny jsou také instalovány, ale jejich výroba se v součtu procent neprojeví [22]. Dostupnost vodních zdrojů v Norsku, Islandu, Rakousku a Švédsku je hlavním důvodem vysokého podílu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů (rakousko kryje 65 % své spotřeby, Švédsko 53 %). [23], [24]



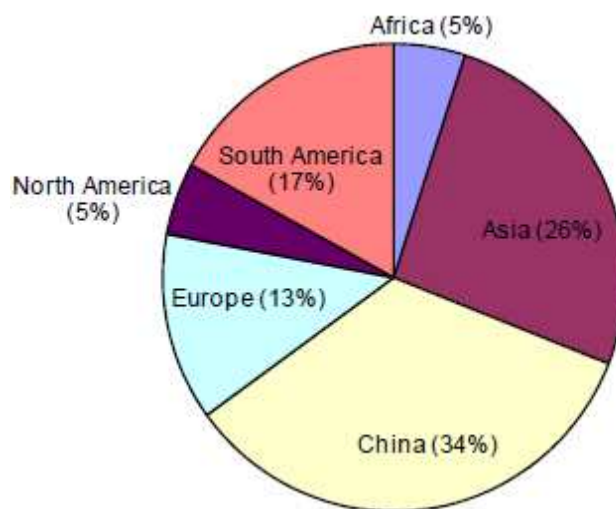
Graf 5.2 - Rozložení výroby elektrické energie Evropské unie v roce 2011 a 2000 [22]

5.3 Svět – největší elektrárny světa

Vodní energie je v současné době využívána ve více než 160 zemích světa, kryje přibližně 16,3 % světové elektrické spotřeby. V roce 2008 vyrobily vodní elektrárny 3 288 TWh/rok z celkových 20 181 TWh a celkový hydroenergetický potenciál je odhadován na 16 400 TWh/rok [26]. Na konci roku 2009 činila globální nainstalovaná vodní kapacita asi 980 GW a mezi léty 2005 až 2009 se výkon zvýšil o 135 GW, tomu průměrně odpovídá 3 % růst ročně [27]. Podle společnosti International Energy Agency bude v roce 2050 produkovat vodní energetika až 6 000 TWh. Nedílnou součástí při budování velkých vodních elektráren ale zůstává otázka financování, jelikož stavba velké přehrady vyžaduje mnoho financí.



Graf 5.3 - Země podle nejvyššího instalovaného výkonu [14]



Graf 5.4 - Předpokládaný nárůst výroby vodních elektráren mezi léty 2011 – 2020 [14]

Množství elektrické energie vyrobené pomocí energie vody pokrývá v některých státech téměř celou jejich spotřebu. Důležitým zdrojem jsou vodní elektrárny ve větších zemích. Prostřednictvím systému hydroelektráren si většinu elektrické energie pro svou spotřebu vyrobí Brazílie 84%, Kanada 61%, Nový Zéland, Norsko 99%, Paraguay, Švýcarsko či Venezuela. Například Paraguay vyrábí z vodních elektráren téměř 100 % veškeré elektřiny a z této produkce pak velké množství exportuje do Brazílie a Argentiny. Norsko si z hydroelektrických zdrojů vyrobí 98–99 % elektřiny. Pět zemí tvoří více než polovinu světové produkce elektrické energie z vodních elektráren, jde o Brazílii, Kanadu, Čínu, Rusko a USA. Zvyšování podílu vodních elektráren lze očekávat na všech kontinentech. Pokud se vezme Evropa jako příklad realizovatelných elektráren, lze očekávat 10x větší nárůst v Africe, 3x v Asii, 2x v Jižní Americe, 10% v Severní Americe. [14]

Tabulka 5.4 - Největší elektrárny světa. [28]

Název	Počet generátoru	Výkon (MW)	Roční výroba (TWh)	Uvedení do provozu
Čína - vodní elektrárna Tři soutěsky	26	18 300	120	2006
Brazílie/Paraguay - vodní elektrárna Itaipu	20	14 000	94,7	1984
Venezuela - Hydroelektrárna Guri	20	10 700	46	1986
Brazílie - vodní elektrárna Tucuruí	25	8 370	21,4	1984
USA - vodní elektrárna Grand Coulee	24	6 809	20	1942
Rusko - Sajano-Šušenská hydroelektrárna		6 400	26,8	1989
Rusko - vodní elektrárna Krasnojarsk		6 000	20,4	1972
Kanada – vodní elektrárna Robert-Bourassa	16	5 616		1981
Kanada - vodní elektrárna Churchill Falls	11	5 428	35	1971
Čína - vodní elektrárna Longtan	9	4 900	18,7	2009

6. Současná legislativa

6.1 Vymezení pojmů

Přenosová soustava

Jedná se o zařízení zprostředkovávající přenos elektrické energie od výrobců k odběratelům. Slouží hlavně k zajištění přenosu na velkou vzdálenost a velkých výkonů, jsou základem pro přenos elektrické energie a spadá pod ně síť vedení: vvn 400 kV, 220 kV, vybraná vedení 110 kV. [29]

Distribuční soustava

Úkolem distribuční soustavy je zajistit přenos a rozvod elektrické energie z přenosové soustavy k jednotlivým koncovým zákazníkům. Zajišťují zároveň možnost připojovat výrobní elektřiny o malých výkonech, jako např. elektrárny obnovitelných zdrojů v řádu výkonu do desítek MW. Distribuční soustavu tvoří síť vedení: 0,4/0,23 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV a 35 kV. [29]

Hrubá spotřeba elektřiny (brutto spotřeba)

Je jedním ze statistických ukazatelů elektroenergetiky vykazovaná energetickým regulačním úřadem. Hodnota této elektřiny je složena z celkové vyrobené elektřiny v ČR s připočtením dovozu, snížená o vývoz elektřiny. Zahrnuje tedy i ztráty v přenosu a vlastní spotřebu energetiky. Brutto výroba udává veškerou vyrobenou elektřinu v ČR. [3]

- brutto spotřeba = brutto výroba – saldo zahraničních výměn
- brutto výroba elektřiny = celková výroba elektřiny na svorkách generátorů
- netto výroba elektřiny = výroba elektřiny brutto – vlastní spotřeba na výrobu elektřin

Výkupní ceny

Dle zákona č. 180/2005 Sb., má výrobce elektřiny z malé vodní elektrárny právo na výkup elektřiny vyrobenou z obnovitelných zdrojů energie. Energii může prodat za výkupní cenu nebo využít zelené bonusy.

Pokud zvolí výrobce podporu formou přímého výkupu, udává zákon provozovateli regionální distribuční soustavy nebo přenosové soustavy povinnost odkoupit všechnu elektřinu vyrobenou od výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů. Výhodou systému podpory je jistota a jednoduchost. Výrobce se nemusí starat o prodej elektřiny, ale automaticky dostává od dodavatele finanční částku, odpovídající celkové vyrobené elektřině, zároveň však výrobce platí i za vlastní spotřebovanou energii. Výkupní cena je nastavena přibližně o 1 Kč výše, než podpora formou zelených bonusů, je tedy značně jednodušší využít podporu formou minimální výkupní ceny. Výkupní cena je vhodnější pro objekty s nižší spotřebou elektřiny.

Pro provozovatele distribučních soustav je tento systém náročnější. Vykoupenou elektřinu mohou použít pouze na krytí vlastní spotřeby a ztrát, s elektřinou nesmí vůbec obchodovat. O tomto zákonu rozhodla EU příslušnou evropskou směrnicí. Směrnice udává, že jeden právní subjekt nesmí elektřinu přenášet či distribuovat a zároveň s ní obchodovat. [3]

Zelený bonus

Zeleným bonusem dle zákona č. 180/2005 Sb je chápána finanční částka navyšující tržní cenu elektřiny a hrazená provozovatelem regionální distribuční soustavy nebo přenosové soustavy výrobcí elektřiny z obnovitelných zdrojů, zohledňující snížené poškození životního prostředí využitím

obnovitelného zdroje oproti spalování fosilních paliv, druh a velikost výrobního zařízení, kvalitu dodávané elektřiny.

Zelený bonus může získat výrobce OZE. Vyrobenou elektřinu buďto výrobce sám spotřebuje nebo nabídne na trh obchodník s elektřinou (celou či část), který elektřinu prodá koncovému zákazníkovi. Za svou elektřinu obdrží výrobce od obchodníka tržní cenu a navíc má právo obdržet od provozovatele distribuční soustavy nebo přenosové soustavy prémii v podobě zelených bonusů. Příjmem pro výrobce je v součtu prodaná elektřina společně s obdrženým zeleným bonusem za veškerou vyrobenou elektřinu. Cílem tohoto systému je zajistit výrobcí vyšší příjmy než při zvolení pevné minimální výkupní ceny. Výrobce však nemá zaručený odbyt za stanovenou cenu zákonem a navíc si musí najít odběratele. Výhoda je však kompenzována vyšší tržní cenou elektřiny, jestliže se obchodníkovi podaří elektřinu prodat.

Výrobce tedy vlastně prodává svou elektřinu na trh a její cena závisí na její kvalitě, kvalitou se hlavně rozumí míra spolehlivosti jejich dodávek, předpovědi dodávky a regulovatelnost. Vodní elektrárny jsou ve své podstatě spolehlivé a lze dopředu předpovídat míru dodávky. Ve srovnání např. s energií větru tomu tak není, větrná elektrárna je nespolehlivá dodávka a podpora tedy musí být vyšší, znamená to tedy, že zelený bonus pro spolehlivou vodní elektrárnu bude nižší, protože její uplatnění na trhu s elektřinou je jednodušší.

V případě volby podpory ve formě zelených bonusů, má výrobce výhodu možnosti vyššího výdělku v případě, že dokážete spotřebovat větší část vyrobené energie pro vlastní spotřebu, kterou si díky tomu nemusí kupovat. Zelený bonus je tedy vhodný, když výrobce převážnou část energie spotřebuje a přebytek odvádí do distribuční sítě. V tom případě má právo dostat zelený bonus i za spotřebovanou elektřinu. [3], [30]

Tabulka 6.1 - Výše výkupních cen a zelených bonusů [34]

Zdroj energie / Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč za 1 MWh			Zelené bonusy v Kč za 1 MWh		
		VT	NT		VT	NT
Malé vodní elektrárny						
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2012	3 190	3 800	2 885	2 140	2 240	2 090
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2011	3 060	3 800	2 690	2 010	2 240	1 895
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2010 do 31. prosince 2010	3 130	3 800	2 795	2 080	2 240	2 000
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2009	2 880	3 800	2 420	1 830	2 240	1 625
MVE uvedená do provozu v nových lokalitách od 1. ledna 2006 do 31. prosince 2007	2 720	3 800	2 180	1 670	2 240	1 385
Malá vodní elektrárna uvedená do provozu po 1. lednu 2005 včetně a rekonstruovaná malá vodní elektrárna	2 450	3 470	1 940	1 400	1 910	1 145
MVE uvedená do provozu před 1. lednem 2005	1 910	2 700	1 515	860	1 140	720

Z tabulky 6.1 si lze všimnout rostoucí finanční podpory, zdůvodněno je to využitím mnoha vhodných lokalit k výstavbě MVE a přechodem na méně vhodné lokality. Využití podpory pro špičkový provoz VT a provoz mimo špičku NT je vhodný pro malé vodní elektrárny s možností akumulace, jelikož mohou využít výhodnější podpory pro špičkový provoz.

Zákon garantuje neměnnost výši výkupní cena po dobu 30 let, u zelených bonusů je garance jeden rok od uvedení MVE do provozu. Podpora se vztahuje i na rekonstrukce, nevztahuje se na starší technologické zařízení přemístěné z jiné lokality. Výkupní ceny a zelené bonusy nelze kombinovat dle zákona č.180/2005, výrobce si ovšem může jednou ročně zvolit, jaký druh podpory si pro své výrobní zařízení zvolí. [30]

6.2 Zákony - legislativa

Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích (energetický zákon)

Tento zákon je základním aspektem a hlavní legislativní podmínkou podnikání a výkonu státní správy v energetickém odvětví. V energetice udává předpisy pro výrobu elektřiny, přenos elektřiny, distribuce elektřiny, obchod s elektřinou a činnosti operátora trhu. Zákon umožňuje udělování licence na podnikání v energetice na dobu nejvýše 25 let, nově od dovršení 18 let.

Zákon udává výrobcí právo se na základě licence připojit k elektrizační soustavě a dále s elektřinou podnikat, musí se však řídit pokyny technického dispečinku dané distribuční soustavy. Pro možnost výstavby výrobní elektrické energie nově od 100 kW a více je podmínkou mít státní autorizaci, jež uděluje ministerstvo. Hlavní správní úřad pro regulaci v energetice je Energetický regulační úřad.

Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)

Cílem zákona je podpořit výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů a zvyšovat jejich podíl na výrobě v zájmu ochrany životního prostředí. Vydává nařízení, podle kterého jsou povinni provozovatele distribučních soustav připojovat výrobce OZE do své sítě, splní-li podmínky připojení. Zároveň musí všechnu vyrobenou elektřinu vykoupit od výrobců.

Pro jednotlivé OZE stanovuje odlišné podpory. Podporu je možno si vybrat jako výkupní cenu nebo využije zelený bonus. Tyto podpory nelze kombinovat a lze je měnit jednou do roka. Pro MVE garantuje výkupní cenu po dobu 30 let. Výkupní ceny stanovuje ERÚ vždy každý rok v tzv. „Cenovém rozhodnutí ERÚ“. Výrobce je zároveň povinen vykazovat vyrobenou energii v závislosti na to dostává vybranou podporu.

Výkupní ceny pro elektřinu z OZE jsou stanoveny tak, aby za dobu 15 let byla výrobcům zaručena návratnost investice na výstavbu zařízení. U MVE je na rok 2012 zvýšena podpora z důvodu růstů cen technologie a postupné vyčerpávání nejvhodnějších lokalit. Dále toto cenové rozhodnutí ERÚ naposledy umožňuje špičkovým a pološpičkovým malým vodním elektrárnám zvolit alternativní režim podpory v pásmech vysokého a nízkého tarifu. V budoucnu budou malé vodní elektrárny, stejně jako ostatní obnovitelné zdroje, moci využívat podporu pouze v základním časovém pásmu, tedy bez rozlišování VT a NT.

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií

Na základě tohoto zákona vypracovává ministerstvo průmyslu a obchodu státní energeticko-koncepci pro další rozvoj výroby elektřiny z OZE jako jsou MVE.

Vyhláška č. 364/2007 Sb. změna vyhlášky k provedení zákona o využívání obnovitelných zdrojů

Nařizuje výrobci podat rozhodnutí o výběru způsobu podpory elektřiny vyrobené z OZE provozovateli přenosové soustavy nebo distribuční soustavy nejpozději měsíc před zahájením výroby.

Vyhláška č. 81/2010 Sb. změna vyhlášky o podmínkách připojení k elektrizační soustavě

Tato vyhláška upravuje vyhlášku č. 51/2006 Sb.. Stanovuje podmínky pro připojení výrobní elektřiny do soustavy. Nutností je podání přihlášky žadatelem, předložení studie připojitelnosti. Studie zpravidla obsahuje:

- a) zkratový výkon v_{vn} nebo vn v napájecí rozvodně nebo místě od kterého bude vliv počítán
- b) stávající a výhledové hodnoty zatížení v soustavě
- c) parametry transformátoru v_{vn}/vn ,
- d) stávající a výhledový stav HDO
- e) parametry vedení k místu připojení – délka, typ, průřez,
- f) možné provozní stavy (základní zapojení + zapojení při náhradních dodávkách)
- g) zjednodušený mapový podklad.

V žádosti musí být uvedeny údaje o výrobě a podavateli žádosti. Provozovatel soustavy rezervuje žadateli výkon v okamžiku podání žádosti na dobu 30 dnu pro hladinu nízkého napětí a 60 pro hladinu vyšší. Samotné připojení žadatele proběhne po schválení smlouvy o připojení. [3], [31]

Pravidla provozování distribuční soustavy (PPDS):

PPDS vytvářejí energetické subjekty podnikající v distribuci elektrické energie. Stanovují základní pravidla a požadavky pro připojení k distribuční síti, konkrétní požadavky jsou uvedeny v příloze č.4 (např. na stránkách ČEZ).

MVE jsou připojeny paralelně, tedy pracují paralelně se sítí. Důležité je dodržet v přípojném bodě dovolenou hodnotu zvýšeného napětí při spínání a provozu, vyvolanou provozem elektrárny. Toto napětí Δu nesmí v nejhorších podmínkách provozu překročit dané hodnoty:

$$\Delta u_{vN} \leq 2\%$$

$$\Delta u_{NN} \leq 3\%$$

Pravidla stanovují maximální připojitelný výkon, zkratový výkon, ochrany, elektroměry, měřicí a řídicí systémy. Elektrárny musí splňovat frekvenční rozsah 47,5 Hz až 50,2 Hz. Vychýlí-li se z těchto hodnot, je nutné elektrárny odpojit od sítě. S frekvenční podmínkou je spojen činný výkon, s napěťovou podmínkou je spojen jalový výkon. Hodnoty jednotlivých výkonů je nutné dodržovat na hodnotách zadané provozovatelem, také je nutné dodržet zadaný účinník (mezi 0,95 kapacitní a 0,95 induktivní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 20 % jmenovitého výkonu zdroje). Jako další podmínky provozu elektrárny je nutné omezit zpětné vlivy, aby připojená elektrárna nebylo zdrojem rušení pro další odběratele a provozovatele. Mezi zpětné vlivy řadíme: flikr efekt (kolísání světelného toku vlivem kolísání napětí), vyšší harmonické proudy (počítá se proud pro každou harmonickou) a ovlivnění signálu HDO vyššími harmonickými. [35]

7. Možnosti, trendy a předpoklady pro rozšíření vodních elektráren

7.1 Trendy

Současný trend vývoje vodních elektráren se především zaměřuje na rozšiřování MVE a jejich rekonstrukci. Tímto krokem lze docílit výrazného zvýšení kapacity a zásobovat tak několik tisíc domácností. Elektrárny se díky rozvoji elektroniky mohou pochlubit automatickým řízením a dálkovým ovládáním. Lokality na výstavbu velkých VE jsou v podstatě pro ČR vyčerpány nebo je jejich nákladnost na realizaci značně vysoká. V roce 2011 vyšla studie ministerstva průmyslu a obchodu, že Česká republika má v plánu postavit další přečerpávací elektrárnu, je vybráno celkem 6 vhodných lokalit. Výstavba se však pohybuje v rozmezí desítek miliard Kč a měla by být hrazena ze soukromých fondů investorů, jelikož skupina ČEZ výstavbu neplánuje. Mělo by se jednat o moderní elektrárnu k regulaci výkonu, jelikož stále počte počet připojených obnovitelných zdrojů do distribuční sítě.

Ve světě je mnoho vhodných lokalit také vyčerpáno a proto se objevuje spousta studií na nové i upravené principy stávajících VE (např. využití horských pramenů, elektrárna na principu vodního víru) pro jejich maximální účinnost. Velký rozvoj je v Číně, kde se schválilo v roce 2006 postavit nejméně 13 nových elektráren o celkovém výkonu 20 GW. V dnešní době se začíná objevovat spousta studií o využití vodárenství pro MVE o výkonu do 1 kW, nové turbíny a využití VE na principu větrných elektrárnách v přímořských oblastech či hlubokých řekách. Objevují se projekty na realizaci v méně výhodných lokalitách. Navíc rozvoj MVE přispívá ke stabilitě soustavy, jelikož dodávku není nutno daleko dopravovat a nevznikají velké ztráty. Jedním z příkladů využití i méně vhodné lokality realizovali v Kanadě, projektanti využili horského průtoku řeky, svedli ji nehostinnou krajinou pomocí potrubí do údolí, kde roztáčí dvě vodní turbíny.

7.2 Turbíny pro extrémně nízké spády a průtoky

Vírová turbína:

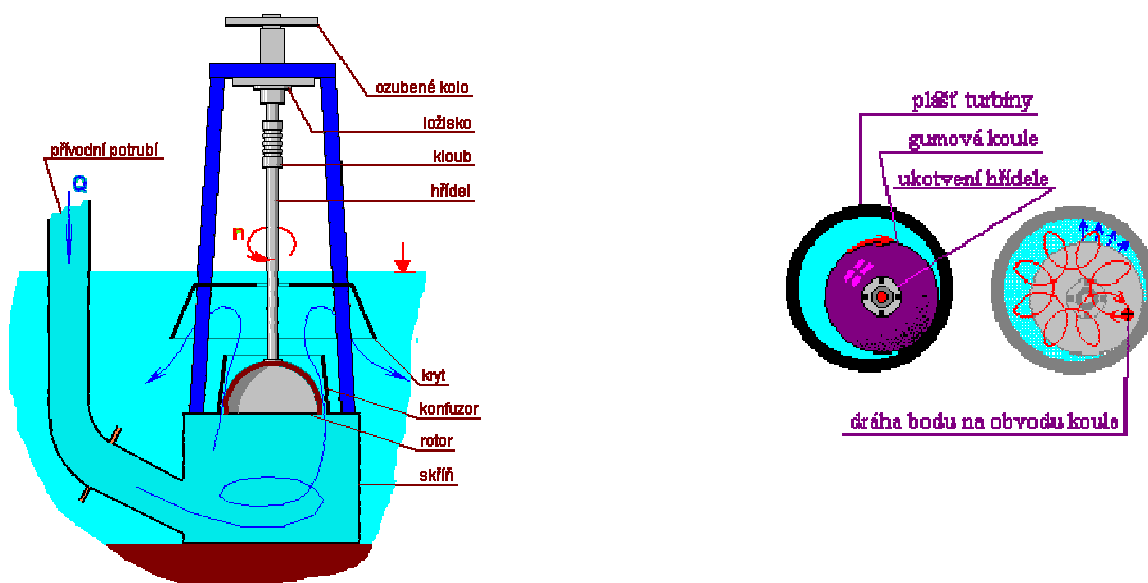
Turbína byla vyvinuta vědeckým týmem v roce 2000, její celkovou problematiku a konstrukci se podařilo plně vyladit v roce 2001. Jedná se o nový typ řešení vrtulové vodní turbíny s dvoulopátkovým oběžným kolem bez rozvaděče. V důsledku se jedná o úpravu Kaplanovy turbíny, která má ovšem vyšší otáčky a mnohdy nepotřebuje převody. Absence rozváděcích regulačních kruhů, jenž jsou náročné na výrobu a používá se u Kaplanovy turbíny, vedla k velkému snížení pořizovací ceny, což podporuje budoucí rozvoj MVE. Turbína je projektovaná pro velmi nízké spády 1-3 m a velké průtoky. První studie proběhly v roce 2000 při spádu 2,5 m, turbína vykazovala účinnost 86 %. Při vyšších spádech již tato účinnost klesá. [7]

Mikroturbíny:

Pro účely využít všechny dostupné možnosti vodní energie se v poslední době objevují koncepce na řešení získávání energie z vodárenství a kanalizací. Tyto turbíny jsou navrhovány pro průtoky do 20 litrů, nebo větších.

Vodní motor SETUR:

Jedná se o vertikální bezlopatkový vodní motor vynalezený v ČR. Pracuje na principu odvalování rotačního tělesa ve výtokovém konfuzoru. Může využívat jako pracovní médium vodu nebo plyny. Princip funkce tohoto odvalovacího tekutinového motoru se značně liší od ostatních turbín. Funkce je založená na tzv. hydrodynamickém paradoxu. To je jev, který způsobuje, že koule (nebo jiné zakřivené těleso) je přitahována ke stěně tím více, čím rychleji mezi ní a stěnou proudí kapalina. Koule je zavěšena pružně a tangenciálně vstupující voda způsobí rotaci koule. Vlivem celkového proudění kapaliny nabírá koule rotaci a postupně se pohybuje po celém obvodu. Využití nachází v dosud nevyužívaném hydrodynamickém principu, např. vodovody a kanalizace až po menší přehradní nádrže. Účinnost podle provedení od 40 až do 75 % pro nejrůznější spády od 0,6 m do 20 m při průtoku od 4 – 500 litru/s. Výkon motoru se pohybuje od 0,075 – 7 kW. [32]



Obr. 7.1 – Vlevo: princip funkce vodního motoru SETUR, Vpravo: pohyb rotoru [32]

7.3 Energie moře

V posledních letech dostává velký prostor vývoj elektráren pracujících na nejméně probádaných principech využívajících energii vln a energie proudění. V posledních desíti letech se největší pozornost zaměřuje na vývoj takovýchto zařízení. Po celém světě se objevuje spousta prototypu a realizace každý rok stoupá. Samozřejmostí této nepříliš probádané technologie je finanční stránka. Otázka financí je zde na hlavním místě, jelikož bez podpory státu a investoru by tyto projekty ztroskotaly. Bohužel tato energie lze využít jen v přímořských zemích. Nutnou jsou silné mořské proudy a vlny. Země investující do mořské vodní energie jsou např. Kanada, Francie, Skotsko, Jižní Korea, Rusko, Portugalsko, Velká Británie, Irsko.

Energie vln:

Vývoj elektráren na mořské vlny je asi přibližně tam, kde před 10 lety byly větrné elektrárny. Mořské vlna nabízí spoustu možností, v porovnání s přílivovými elektrárnami nejsou nebezpečné pro mořskou faunu, jelikož neobsahují vrtule. Energie mořských vln lze považovat za formu sluneční energie, která ohřívá povrch země a rozdíly teplot způsobí proudění vzduchu, tedy vítr, díky němuž vznikají vlny. Existuje mnoho technologií na zpracování a přeměnu mořských vln, např. vertikálně orientované bójky nebo ležící tubusy. Princip je buď s přímým pohybem magnetů proti cívkám, čímž se indukuje elektrický proud, nebo (častěji) se jejich pohyb hydraulicky přenáší na turbínu rotačního elektrického generátoru. Nejznámější je zařízení zvané „PALEMIS“ připomínající mořského hada. Průměr trupu je 3,5 metrů a zařízení je rozděleno na čtyři části. Výkon elektrárny složených ze tří takovýchto Palemis je 2,25 MW a nachází se v Portugalsku. Momentálně se objevil projekt „Searaser“, který pracuje na principu vodní pumpy. Jedena bójka umístěná na hladině se pohybuje nahoru a dolů, druhá je pevně ukotvena pod vodou. Pohybem horní bójky se čerpá voda prostřednictvím potrubí k pevnině, ta je pak pouštěna přes generátor. Výhodou je, že není potřeba vytvářet elektřinu přímo na moři a nemusí se celé zařízení kontrolovat na těsnost. Po celém světě se postupně realizují další projekty založené na odlišných principech a zkoumá se, který se ukáže nejvíce efektivní pro výrobu energie. [14]

Energie proudění (přílivu) - Slapová energie:

Existují dvě hlavní metody výstavby slapových elektráren, a to přehrazováním nebo přímým využitím průtočných podvodních turbín. Tento princip využívají elektrárny založené na podobné konstrukci jako větrné elektrárny. Projekty jsou zatím ve fázi hledání nejlepšího konstrukčního řešení k docílení nejvyšší účinnosti. I když už od roku 1966 je ve Francii spuštěná přílivová elektrárna na řece Rance. V New Yorku je od roku 2006 spuštěn projekt podvodních elektráren tzv. Free Flow, které jsou konstrukčně obdobny větrným elektrárnám. Jejich výkon dosahuje desítek kW, zajímavá je však jejich poloha, jsou vybudovány pod vodní hladinou řeky, kde pracují automaticky a neviditelně, není nutná žádná úprava řeky ani složitých staveb. V prostoru nad elektrárnou klasicky plují lodě a proto tento princip naskýtá novou možnost využití energie větších řek. Vrtule turbíny musí být ovšem stavěny na mnohem extrémnější tlak než je tomu u větru a hlavně svým profilem nesmí ohrozit vodní živočichy. Dosud největší slapová elektrárna se nachází v Jižní Koreji na jezeře Sihwa, přibližně 25 km jihozápadně od Soulu. Výkon elektrárny je 10 x 25,4 MW, tedy 254 MW. Slapové elektrárny založené na podvodním průtoku ukotvené na mořském dně dnes mohou dosahovat nanejvýš výkon jedné turbíny 100 MW. [14], [33]

8. Závěr:

Vodní zdroje a voda sama je jeden z hlavních energetických zdrojů. Vodní elektrárny je možno použít všude tam, kde voda proudí. V budoucnu možná nastane nejistota vodních zdrojů, možná bude nutností stavět nové přehrady, které se nabídnou k realizaci vodních elektráren. Voda je obsažena všude, ať už je to voda pro energetické systémy, pitná voda, zemědělství a další. Všude tam je možnost stavět nové velké či malé vodní elektrárny. Jejich výzkum a vývoj stále pokračuje a snaží se najít nejvhodnější konstrukci. Elektrárny se zároveň kombinují s moderními elektronickými systémy, které zajistí jejich automatizaci, dálkové ovládání a diagnostiku, takže jejich spolehlivost a produkce každým rokem roste.

K vodním elektrárnám neodmyslitelně patří i negativní stránky. Při výstavbě velkých vodních elektráren dochází k výraznému zásahu do životního prostředí a rázu krajiny. Při stavbě hrází dojde k zatopení velké oblasti krajiny, které může mít za následek i nestabilitu zemské plochy, jako je to u dnešní největší elektrárny v Číně. Jde-li o osídlenou oblast, je nuceno mnoho lidí odstěhovat se z domovů a začít jinde nanovo. Kladné příspěvky vodních elektráren ale převažují a stavba jakékoliv elektrárny se prakticky uskuteční.

Větší rozmach elektráren lze čekat v ekonomicky stabilních zemích, kde je finanční podpora mnohem vyšší. V nejbohatších státech je však hydroenergetický potenciál téměř vyčerpán, musí tedy modernizovat a co nejlépe využívat realizované elektrárny, které často používají až 100 let staré technologie. Pro novou výstavbu musí hledat jiné východisko. Toto vede ke stavbě nových mořských elektráren, které za posledních 10 let nabývají ohromného rozmachu. Dalším východiskem může také být výstavba v horké oblasti, kde je voda svedena potrubím dolů do údolí. Základem však zůstává, že každá země s větším počtem vodních elektráren ušetří za dovoz, nebo těžbu nerostných surovin. Výroba každé 1 MWh ušetří přibližně 900 kg uhlí.

Českou republiku momentálně zásobuje svou energií zhruba 1400 vodních elektráren. Největší dominanci mají elektrárny provozované skupinou ČEZ, jde hlavně o vodní elektrárnu Orlík s 360 MW a Slapy na řece Vltavě. Spolehlivost je ale dána množstvím srážek za daný rok, z tohoto důvodu se celkový výkon dodaný do sítě ročně liší. Společně za pomoci státní podpory, legislativy a podpory EU nastává v posledním dvacetiletí nárůst malých vodních elektráren.

Vodní elektrárny nejen že přispívají k výrobě ekologické energie, výrazně zároveň podporují energetickou soustavu. Rozptýlenost malých elektráren vede k nižším ztrátám a zároveň přispívají k důležité funkci a to podpůrným službám, bez které se soustava neobejde. Výraznou pomocí elektráren je také schopnost takřka okamžitého startu, to je výhodné při náhlé poruše nebo výpadku sítě. Návratnost MVE se obvykle pohybuje od 10 do 15 let pro ideální lokality. Minimální hranice životnosti je 30 let, to činí tento zdroj ideální pro investování.

Vodní energie využívá více než 160 zemí světa. Vodní elektrárny v ČR disponují instalovaným výkonem přibližně 2 202,6 MW, tomu odpovídá 10,97 % z celkových 20 250 MW. Celková výroba je však pouze něco nad 4 %. Za celou Evropskou unii hovoří 15 % energie, vyrobené vodními elektrárnami. Ve světě se vyrobí přibližně 16,3 % veškeré elektrické spotřeby lidstva. V roce 2008 vyrobily vodní elektrárny 3 288 TWh/rok z celkových 20 181 TWh a celkový hydroenergetický potenciál je odhadován na 16 400 TWh/rok. Poměrně vysoký podíl je zásluhou především pěti zemí, kde se nachází více jak polovina potenciálu. Proto nelze čekat významnější nárůst elektráren.

Podle mě je ale potřeba více věnovat rozvoj i do malých zdrojů ve vodohospodářství, zde uniká mnoho energie nazmar. Tyto mikro elektrárny samy o sobě dokáží zásobovat a celkově vylepšit energetickou bilanci daného komplexu či podniku. Ve velkých elektrárnách v současné situaci nezbyde, než jen modernizovat velice staré turbínové soustrojí a zefektivnit výrobu regulačními členy a automatikou. Větší rozvoj MVE se očekávat nedá, zbyly jen nevýhodné lokality a na investování nejsou příliš zajímavé. Realitou však zůstává, že vodní elektrárny jsou z hlediska spolehlivosti a vlivu na síť nejvýhodnější obnovitelné zdroje.

9. Seznam použité literatury:

- [1] BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan. *Alternativní energie pro váš dům*. Brno: ERA, 2003. 125 s. ISBN 80-86517-59-4
- [2] CENEK, M. a kol. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. upravené a doplněné vyd. Praha: FCC Public, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
- [3] KLOZ, M., MOTLIK, J., PETRŽÍLEK, P., TUŽINSKÝ, M. *Využívání obnovitelných zdrojů energie: Právní předpisy s komentářem*. Praha: Linde Praha a.s. 2007. 511 s. ISBN 978-80-7201-670-9
- [4] Holata, Miroslav. *Malé vodní elektrárny - projektování a provoz*. Academika, 2002, 271 str. ISBN: 80-200-0828-4
- [5] QUASCHNING, V. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada Publishing, a.s. 2010. 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [6] OXFORD UNIVERSITY PRESS. *Renewable energy: Power for a sustainable future*. Second edition. Milton Keynes: Oxford, 2004. 452 s. ISBN 0-19-926178-4.
- [7] MOTLÍK, J. a kol. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice: studie analyzuje současný stav a předpoklady rozvoje v dlouhodobějším horizontu*. Praha: ČEZ, 2007. 183 s.
- [8] ČEZ. *Princip fungování vodní elektrárny* [online].[cit. 2011-10-14]. Dostupný z: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/flash-model-jak-funguje-vodni-elektrarna.html>>
- [9] BERANOVSKÝ, J. *Metody hodnocení vhodnosti a výtěžnosti obnovitelných zdrojů energie*. vyd. EkoWATT [online].[cit. 2011-10-14] 2000. Dostupný z: <<http://www.ekowatt.cz/cz/publikace/metody-hodnoceni-a-vyteznosti-obnovitelnych-zdroju-energie>>
- [10] CHLADNÝ, V., KOLCUN, M., MEŠTER, M., CIMBALA, R., TKÁČ, J., HVIŽDOŠ, M., RUSNÁK, J. *Elektrárne*. Košice: TU Košice a VSE, a.s., RWE Group, Košice, 2006, 460 s. ISBN 80-8073-704-5.
- [11] VUT Brno. *Vodní turbíny I* [online].[cit. 2011-10-14]. Dostupný z: <<http://www.elektrarny.xf.cz/vyuziti.pdf>>
- [12] Vodní elektrárny [online].[cit. 2011-10-14]. Dostupný z: <<http://www.elektrarny.xf.cz/>>

- [13] INFOGLOBE. *Přilivová elektrárna na řece Rance* [online].[cit. 2011-10-15]. Dostupný z: <<http://www.infoglobe.cz/zajimavosti/prilivova-elektrarna-na-rece-rance>>
- [14] WORLDENERGY. *Survey of Energy Resources* [online].[cit. 2011-10-16]. Dostupný z: <http://www.worldenergy.org/documents/ser_2010_report_1.pdf>
- [15] Vodní turbíny [online].[cit. 2011-10-16]. Dostupný z: <<http://vodniturbiny.cz/index.php?linkid=00>>
- [16] BRAUNER, V., KRBEČEK, P. *Francisova turbína*. [online].[cit. 2011-10-16]. Dostupný z: <<http://www.fs.cvut.cz/stretech/2009/pdf/1067.pdf>>
- [17] Vodní turbíny [online].[cit. 2011-10-16]. Dostupný z: <<http://www.vodni-elektrarny.cz>>
- [18] TZB-INFO. *Obnovitelné zdroje* [online].[cit. 2011-10-28]. Dostupný z: <<http://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/7240-obnovitelne-zdroje-indikativni-cil-8-elektriny-v-roce-2010-splnen>>
- [19] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu ES ČR 2010* [online].[cit. 2011-10-29]. Dostupný z: <http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocni_zprava/2010/index.html>
- [20] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2010* [online].[cit. 2011-10-29]. Dostupný z: <<http://www.mpo.cz/dokument91279.html>>
- [21] EC.EUROPA. *Renewable Energy Snapshots 2011* [online].[cit. 2012-3-9]. Dostupný z: <http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2011_renewable_energy_snapshots.pdf>
- [22] EWEA. *Wind in power* [online].[cit. 2012-3-10]. Dostupný z: <http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/statistics/Stats_2011.pdf>
- [23] EUROPA. *Pracovní plán pro obnovitelné zdroje energie* [online].[cit. 2012-3-10]. Dostupný z: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0848:FIN:CS:PDF>>
- [24] EUROSTAT. *Renewable energy statistics* [online].[cit. 2012-3-11]. Dostupný z: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-10-056/EN/KS-SF-10-056-N.PDF>
- [25] EC.EUROPA. *Electricity Generation from Renewables* [online].[cit. 2011-10-28]. Dostupný z: <http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/statistics/ext_renewables_gross_electricity_generation.pdf>
- [26] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Hydropower* [online].[cit. 2012-3-10]. Dostupný z: <http://www.iea.org/papers/2010/Hydropower_Essentials.pdf>

- [27] HYDROPOWER. *Advancing Sustainable Hydropower* [online].[cit. 2012-3-10]. Dostupný z: <http://www.hydropower.org/downloads/ActivityReports/2011-12_Activity_Report-web.pdf>
- [28] NALEZENO. *10 největších vodních elektráren světa* [online].[cit. 2011-10-29]. Dostupný z: <<http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/10-nejvetsich-vodnich-elektraren-sveta.aspx>>
- [29] ČEZ. *Jak se elektřina distribuuje* [online].[cit. 2012-3-11]. Dostupný z: <<http://www.cez.cz/edee/content/file/pece-a-podpora/cez-info/cez-info-18-0711-priloha-distribuce.pdf>>
- [30] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Často kladené dotazy - Obnovitelné zdroje [online].[cit. 2012-3-9]. Dostupný z: <http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=683>
- [31] Znění zákonů [online].[cit. 2012-3-10]. Dostupný z: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/>>
- [32] ABECEDA MALÝCH VODNÍCH POHONŮ. *Turbína Setur* [online].[cit. 2012-3-30]. Dostupný z: <<http://mve.energetika.cz/jineturbiny/setur.htm>>
- [33] 3POL. *Slapová energie* [online].[cit. 2012-3-30]. Dostupný z: <<http://3pol.cz/1171-slapova-energie-netradicni-obnovitelny-zdroj-energie>>
- [34] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Cenové rozhodnutí* [online].[cit. 2012-3-31]. Dostupný z: <http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/navrh/navrhCR_OZE%20KVET%20DZ_final.pdf>
- [35] ČEZ. *Pravidla provozování DS* [online].[cit. 2012-4-8]. Dostupný z: <<http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds2011.html>>

Seznam tabulek:

Tabulka 4.1 - Specifické otáčky turbín	14
Tabulka 5.1 - Výroba elektřiny vodními elektrárnami (bez PVE) v roce 2010	18
Tabulka 5.2 - Výroba elektřiny ve vodních elektrárnách v roce 2010	19
Tabulka 5.3 - Výroba elektřiny ve vodních elektrárnách (zahrnutý PVE)	19
Tabulka 5.4 - Největší elektrárny světa	22
Tabulka 6.1 - Výše výkupních cen a zelených bonusů	24

Seznam obrázků:

Obr. 3.1 - Určení spádu bez nivelačního přístroje	5
Obr.3.2 - Schéma derivačních vodných elektráren	6
Obr.3.3 - Části vodního obsahu akumulací nádrže	7
Obr.3.4 - Řez uspořádáním přečerpávací vodní elektrárny	7
Obr.3.5 - Princip akumulací vodní elektrárny	9
Obr.3.6 - Princip průtočné vodní elektrárny	10
Obr.3.7 - Princip akumulací vodní elektrárny	11
Obr.3.8 - Princip vlnové elektrárny	13
Obr.3.9 - Prototyp elektrárny projektu Seaflow na britském západním pobřeží	13
Obr. 4.1 - H-Q diagram, zobrazující oblast optimálního využití různých vodních turbín ..	14
Obr. 4.2 - Kavitace na oběžném kole Francisovy turbíny	16
Obr. 4.3 - Peltonova turbína, Francisova turbína, Kaplanova turbína	17
Obr. 7.1 - Vlevo: princip funkce vodního motoru SETUR , Vpravo: pohyb rotoru	28

Seznam grafů:

Graf 5.1 - Vývoj výroby elektřiny ve vodních elektrárnách (bez PVE)	20
Graf 5.2 - Rozložení výroby elektrické energie Evropské unie v roce 2011 a 2000	21
Graf 5.3 - Země podle nejvyššího instalovaného výkonu	21
Graf 5.4 - Předpokládaný nárůst výroby vodních elektráren mezi léty 2011 – 2020	22

Seznam příloh:

Příloha č.1 - Přehled velkých vodních elektráren v ČR. Zdroj: Skupina ČEZ
Příloha č.2 - Struktura instalovaného výkonu v (%) ke dni 31.12.2010
Příloha č.3 - Měsíční brutto bilance výkonu v dobách maxima zatížení ES ČR (MW) 2010
Příloha č.4 - Hrubá výroba elektrické energie z vodních elektráren zemí EU
Příloha č.5 - Roční odtoková závislost a výkon dosažený v průběhu roku

10. Přílohy:

Elektrárna	Instalovaný výkon (MW)	Rok uvedení do provozu	Typ turbíny
<i>Akumulační a průtočné elektrárny</i>			
Lipno I	120	1959	Francis
Orlík	364	1961 – 1962	Kaplan
Kamýk	40	1961	Kaplan
Slapy	144	1954 – 1955	Kaplan
Štěchovice I	22,5	1943 – 1944	Kaplan
Vrané	13,88	1936	Kaplan
Střekov	19,5	1936	Kaplan
<i>Přečerpávací vodní elektrárny</i>			
Štěchovice II	45	1948, 1996	
Dalešice	450	1978	
Dlouhé Stráně I	650	1996	
<i>Malé vodní elektrárny</i>			
Lipno II	1,5	1957	
Hněvkovice	9,6	1992	
Kořensko I	3,8	1992	
Kořensko II	0,98	2000	
Želina	0,64	1994	
Mohelno	1,2; 0,56	1977, 1999	
Dlouhé Stráně II	0,16	1996	
Přelouč	2,34	1927	
Spálov	2,4	1926	
Hradec Králové I	0,75	1926	
Prácheň	9,75	1953	
Pastviny	3	1938	
Obříství	3,36	1995	
Les Království	2,12	1923	
Předměřice nad Labem	2,1	1953	
Pardubice	1,96	1978	
Spytihněv	2,6	1951	
Brno Kníničky	3,1	1941	
Brno Komín	0,21	1923	
Vydra	6,4	1939	
Hracholusky	2,55	1964	
Čeňkova Pila	0,1	1912	
Černé jezero I	1,5	1930	
Černé jezero II	0,04	2004	
Černé jezero III	0,37	2005	
Bukovec	0,63	2007	
Mělník	0,59	2010	

Příloha č.1 -Přehled velkých vodních elektráren v ČR. Zdroj: Skupina ČEZ

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PE	69,9	70,5	70,2	65,3	61,4	61,4	61,2	61,1	60,6	60,3	58,5	53,7
PPE + PSE	4,4	4,3	4,5	4,7	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	5,1	5,1	5,1
VE	14,1	13,7	13,9	13,1	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,3	11,9	11,0
JE	11,6	11,5	11,4	16,9	21,7	21,6	21,6	21,5	21,4	21,2	20,9	19,4
VTE + FVE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	1,0	1,1	3,6	10,8
Suma CR	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
z toho CEZ	66,7	66,2	65,7	68,3	70,1	69,7	69,8	69,4	69,2	69,0	67,1	61,6
Instalovaný výkon [MW _e]	15 216,4	15 323,8	15 443,4	16 310,5	17 344,0	17 434,1	17 412,2	17 507,6	17 561,0	17 724,2	18 325,7	20 072,90

Příloha č.2 -Struktura instalovaného výkonu v (%) ke dni 31.12.2010 (ERU roční zpráva)

číslo	položka	vzorec	leden	únor	březen	duben	květen	červen
VODNÍ ELEKTRARNY								
17	dosažitelný výkon		876	874	870	866	877	877
18	pohotový výkon		783	842	826	838	722	809
19	výkon pro zajištění vlastní spotřeby		3	4	9	3	6	3
20	výkon na svorkách generátorů		651	415	370	318	286	381
21	výkonová rezerva		376	547	457	520	437	429
PRECERPAVACÍ VODNÍ ELEKTRARNY								
22	dosažitelný výkon		1 146	1 146	1 146	1 146	1 146	1 146
23	pohotový výkon		1 024	1 095	1 089	986	873	680
24	výkon pro zajištění vlastní spotřeby		2	1	3	0	2	1
25	výkon na svorkách generátorů		175	94	294	94	145	85
26	výkonová rezerva		849	1 001	795	892	728	595

číslo	položka	vzorec	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
VODNÍ ELEKTRARNY								
17	dosažitelný výkon		857	854	862	867	849	864
18	pohotový výkon		740	691	715	723	781	812
19	výkon pro zajištění vlastní spotřeby		2	3	2	3	3	3
20	výkon na svorkách generátorů		225	360	248	291	174	246
21	výkonová rezerva		516	332	467	433	608	566
PRECERPAVACÍ VODNÍ ELEKTRARNY								
22	dosažitelný výkon		1 146	1 146	1 146	1 146	1 146	1 146
23	pohotový výkon		1 028	984	1 111	1 019	886	1 146
24	výkon pro zajištění vlastní spotřeby		1	1	1	1	2	3
25	výkon na svorkách generátorů		168	177	176	149	153	256
26	výkonová rezerva		860	807	935	870	733	890

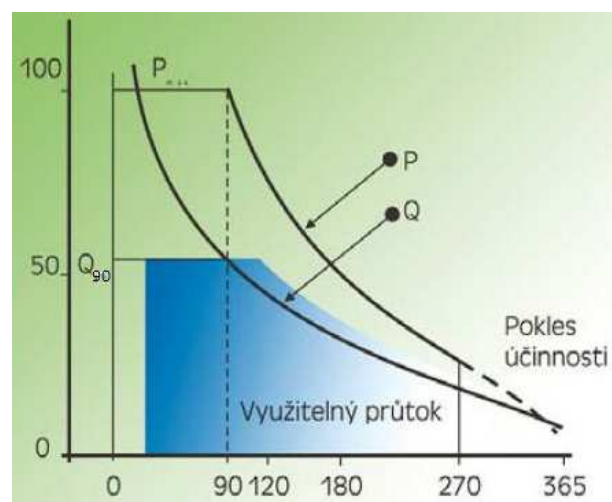
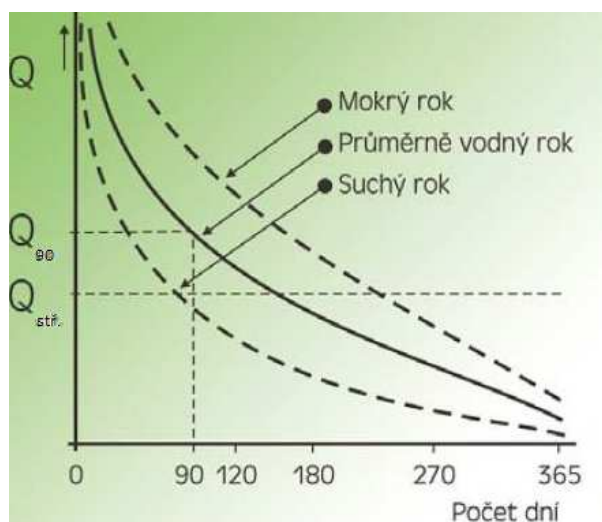
Příloha č.3 Měsíční brutto bilance výkonu v dobách maxima zatížení ES ČR (MW) 2010 (ERU roční zpráva 2010)

Hrubá výroba elektrické energie z vodních elektráren									
	bez přečerpávacích elektráren [GWh]								PVE [GWh]
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007
EU27	354 716	372 813	315 402	305 980	323 273	306 970	308 996	309 972	33 796
EU25	337 265	356 153	297 162	289 692	303 592	282 426	286 402	291 132	33 436
Belgie	459	445	358	247	317	288	359	389	1 294
Bulharsko	2 673	1 737	2 194	3 029	3 168	4 337	4 238	2 874	360
Česká republika	1 758	2 054	2 492	1 383	2 019	2 380	2 550	2 089	434
Dánsko	30	28	32	21	26	22	23	28	
Německo	23 201	22 733	23 124	19 264	21 077	19 581	19 931	20 904	7 554
Estonsko	5	7	6	13	22	22	13	21	
Irsko	846	596	912	598	630	631	724	667	349
Řecko	3 693	2 097	2 800	4 766	4 672	5 017	6 048	2 591	785
Španělsko	29 470	41 021	23 038	41 054	31 554	19 553	25 890	27 763	3 044
Francie	67 710	75 177	61 134	59 698	60 397	52 286	56 659	58 706	5 475
Italie	44 336	46 811	39 519	36 670	42 338	36 067	36 994	32 816	5 666
Kypr									
Lotyšsko	2 819	2 833	2 463	2 266	3 109	3 325	2 698	2 733	
Litva	339	326	354	325	421	451	397	421	537
Lucembursko	120	133	113	77	106	93	103	107	811
Maďarsko	178	186	194	171	205	203	186	210	
Malta									
Nizozemsko	142	117	108	72	95	88	106	107	
Rakousko	41 840	40 187	39 931	32 878	36 423	35 874	34 878	35 993	2 492
Polsko	2 106	2 325	2 279	1 671	2 082	2 201	2 042	2 352	587
Portugalsko	11 323	14 034	7 800	15 723	9 869	4 731	11 002	10 092	357
Rumunsko	14 778	14 923	16 046	13 259	16 513	20 207	18 356	15 966	
Slovinsko	3 834	3 796	3 313	2 957	4 094	3 461	3 591	3 266	
Slovensko	4 726	4 927	5 268	3 480	4 100	4 638	4 399	4 451	164
Finsko	14 660	13 204	10 776	9 591	15 070	13 784	11 494	14 177	
Švédsko	78 584	79 060	66 360	53 540	60 123	72 808	61 722	66 160	28
Spojené Království	5 086	4 056	4 788	3 227	4 843	4 922	4 593	5 089	3 859
Chorvatsko	5 874	6 547	5 365	4 876	6 958	6 333	6 000	4 236	164
Turecko	30 879	24 010	33 683	35 330	46 084	39 561	44 244	35 851	
Island	6 356	6 578	6 977	7 088	7 134	7 019	7 293		
Norsko	138 916	120 462	129 415	105 612	108 863	135 665	119 351	133 934	1 118
Švýcarsko	36 834	41 308	35 214	34 819	33 748	31 226	30 959	35 250	1 487

Source: Eurostat, May 2009

Příloha č.4. - Hrubá výroba elektrické energie z vodních elektráren zemí EU. [25]

V Příloha č.4 je možno vidět časové využití vodních elektráren na hrubé domácí výrobě energie od roku 2000 – 2007. Aktuální data na rok 2011 nejsou dostupná. Pouze rok 2010 odpovídá 334 663 GWh vyrobené v EU vodními elektrárnami (bez PVE). [21]



Příloha č.5. Roční odtoková závislost a výkon dosažený v průběhu roku